

**DISEÑO, DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
MOVILIZACIÓN AUTOPROPULSADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS  
DE MIEMBROS INFERIORES**

**GIOVANY GIL GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2006**

**DISEÑO, DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
MOVILIZACIÓN AUTOPROPULSADO PARA PERSONAS DISCAPACITADAS  
DE MIEMBROS INFERIORES**

**GIOVANY GIL GONZÁLEZ**

**Trabajo de Grado como requisito para optar al título de:  
DISEÑADOR INDUSTRIAL**

**Director  
JAIRO CÓRDOBA  
Diseñador Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

*El autor expresa sus agradecimientos a:*

### **INSIGHT LTDA.**

Patrocinador del proyecto

Diseño de Mobiliario Urbano, Comercial y Terapéutico

### **ANDERCOL S.A.**

Patrocinador del Proyecto

Producción y Comercialización de Resinas Poliéster y Refuerzos

*Igualmente a todas las organizaciones del sector manufacturero de la ciudad de Bucaramanga, que intervinieron en la producción de los diferentes elementos que conformaron este proyecto.*



## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1. GENERALIDADES	19
1.1 HISTORIA DEL USO DE SILLAS DE RUEDAS AUTO IMPULSADAS	19
1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS	22
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA SILLA DE RUEDAS	25
1.4 GENERALIDADES SOBRE LAS LESIONES DE MÉDULA ESPINAL (SCI)	27
1.4.1 Definición de las SCI	27
1.4.2 Causas de una lesión aguda de la médula espinal	28
1.4.3 Síntomas de una lesión aguda de la médula espinal	28
1.4.4 Clasificación de las SCI	29
1.4.5 Diagnóstico de las SCI	31
1.4.6 Tratamiento para una lesión aguda de la médula espinal	32
1.4.7 Consideraciones vitalicias para una persona con una lesión aguda de médula espinal	33
1.5 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL (A.E.A.)	34
1.5.1 Conclusiones del análisis del estado actual.	38
2. CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS Y BIOMECÁNICAS	40
2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA BIOMECÁNICA DE UNA SILLA DE RUEDAS	40
2.1.1 La postura en la silla de ruedas	43
2.1.2 Tamaño del asiento	44
2.1.3 Forma y ángulo del asiento	45

2.1.4 Soporte para los pies	45
2.1.5 Altura del respaldo	46
2.1.6 Forma y ángulo del respaldo	46
2.1.7 Soporte para los brazos	47
2.2 TIPOS DE COMPONENTES DE UNA SILLA DE RUEDAS	48
2.2.1 Chasis	49
2.2.2 Ruedas delanteras	50
2.2.3 Cubiertas.	51
2.2.4 Neumáticos.	52
2.2.5 Rines y radios.	52
2.2.6 Ruedas traseras	53
2.2.7 Frenos	54
2.2.8 Reposabrazos	55
2.2.9 Plataformas	55
2.3 ANTROPOMETRÍA APLICADA AL DISEÑO DE SDR	56
2.3.1 Anchura pélvica	57
2.3.2 Longitud del muslo	58
2.3.3 Longitud de la pantorrilla.	59
2.3.4 Altura inferior de la escápula.	60
2.3.5 Altura del hombro	60
2.4 ERGONOMÍA COMPLEMENTARIA	61
2.4.1 Antropometría general.	61
2.4.2 Cuerpo humano	64
2.4.3 La postura sedente	64
2.4.4 Tipos de mandos	71
2.4.4.1 Diferenciación de los mandos	72
2.4.4.2 Disposición de los mandos	73
3. ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO	75
3.1 ENTREVISTAS PREVIAS	75
3.2 SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS	86

3.2.1 Despliegue de la función de calidad (QFD)	86
3.2.2 Matriz de contradicciones (TRIZ)	90
3.3 REVISIÓN	100
4. ASPECTOS DE DISEÑO	102
4.1 REQUERIMIENTOS DE USO	103
4.1.1 Requerimientos de función.	105
4.1.2 Requerimientos estructurales.	106
4.1.3 Requerimientos formales.	107
4.1.4 Requerimientos técnico productivos.	108
4.1.5 Requerimientos económicos.	109
4.2 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS	110
4.2.1 Selección de alternativas	116
4.2.2 Revisión.	118
4.3 DEPURACIÓN DE LA ALTERNATIVA FINAL	118
4.3.1 Definición de los elementos	119
4.4 REVISIÓN	142
5. TABLA DE COSTOS	146
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	151

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Silla de Ruedas a motor clásica	26
Figura 2. Chasis	49
Figura 3. Ruedas delanteras	50
Figura 4. Cubiertas	51
Figura 5. Radios de polímero rígido	52
Figura 6. Llanta de radios de aluminio	53
Figura 7. Dimensiones funcionales del cuerpo humano	62
Figura 8. Dimensiones estructurales del cuerpo humano	62
Figura 9. Dimensiones de mano y pie	63
Figura 10. Anatomía.	67
Figura 11. Características de las vértebras.	68
Figura 12. Anomalías y Enfermedades.	69
Figura 13. Mandos según su estructura	73
Tabla 26. Disposición de los mandos	74
Figura 14. Resultados. Pregunta N° 2	76
Figura 15. Resultados. Pregunta N° 3	76
Figura 16. Resultados. Pregunta N° 7	76
Figura 17. Resultados. Pregunta N° 9	77
Figura 18. Resultados. Pregunta N° 10	77
Figura 19. Resultados. Pregunta N° 11	77
Figura 20. Resultados. Pregunta N° 12	78
Figura 21. Resultados. Pregunta N° 13	78
Figura 22. Resultados. Pregunta N° 14	78
Figura 23 Resultados. Pregunta N° 15	79
Figura 24 Resultados. Pregunta N° 16	79

Figura 25. Resultados. Pregunta N° 17	79
Figura 26. Resultados. Pregunta N° 18	80
Figura 27. Resultados. Pregunta N° 19	80
Figura 28. Resultados. Pregunta N° 20	80
Figura 29. Resultados. Pregunta N° 21	81
Figura 30. Resultados. Pregunta N° 22	81
Figura 31. Resultados. Pregunta N° 23	81
Figura 32. Resultados. Pregunta N° 24	82
Figura 33. Resultados. Pregunta N° 25	82
Figura 34. Resultados. Pregunta N° 26	82
Figura 35. Resultados. Pregunta N° 27	84
Figura 36. Resultados. Pregunta N° 28	84
Figura 37. Resultados. Pregunta N° 30	85
Figura 38. Resultados. Pregunta N° 31	85
Figura 39. Resultados. Pregunta N° 32	85
Figura 40. Resultados. Pregunta N° 33	86
Figura 41. Matriz de la Casa de la Calidad	89
Figura 42. Chasis inferior.	119
Figura 43. Baterías empleadas	125
Figura 46. Cuerpo del Reposabrazos	134
Figura 47. Accesorio Reposabrazos	135
Figura 48. Modelado y Resultado Final de Plataforma	136
Figura 49. Suspensión de elementos elevados	137
Figura 50. Maletín	138

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Clasificación de las SDR	22
Tabla 2. Sillas según su actividad	23
Tabla 3. Sillas según el tipo de paciente	24
Tabla 4. Sillas según la tracción	25
Tabla 5. Despiece básico de una SDR	26
Tabla 6. Análisis Modelo JAZZY 1120	35
Tabla 7. Análisis Modelo PQ	36
Tabla 8. Análisis Modelo TRAX CORPUS	37
Tabla 9. Conclusiones del A.E.A.	38
Tabla 10. Tamaño de Asiento	44
Tabla 11. Forma y ángulo del asiento	45
Tabla 12. Soporte para los pies	46
Tabla 13. Altura del Respaldo	46
Tabla 14. Forma y ángulo del respaldo	47
Tabla 15. Soporte para los brazos	48
Tabla 16. Tipos de Frenos	54
Tabla 17. Reposabrazos	55
Tabla 18. Plataformas	55
Tabla 19. Anchura Pélvica	57
Tabla 20. Longitud de muslo	58
Tabla 21. Longitud de pantorrilla	59
Tabla 22. Altura inferior de la escápula	60
Tabla 23. Altura de Hombro	60
Tabla 24. Distribución porcentual del peso del cuerpo	64

Tabla 25. Tipos de mandos y accionamientos	71
Tabla 26. Disposición de los mandos	74
Tabla 27. Priorización de las demandas del cliente	88
Tabla 28. Resultados obtenidos de la matriz TRIZ	93
Tabla 29. Moda de los principios inventivos	95
Tabla 30. Frecuencia y Opciones de los principios inventivos	96
Tabla 31. Requerimientos de Diseño	103
Tabla 32. Generación de alternativas	110
Tabla 33. Evaluación de alternativas	117
Tabla 34. Variables en el diseño del chasis	120
Tabla 35. Desarrollo del chasis	121
Tabla 36. Sistema Rueda Motor	124
Tabla 37. Desarrollo del Joystick	126
Tabla 38. Controlador empleado	128
Tabla 39. Diseño de tapicería	130

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO B. ENCUESTA	159
ANEXO C. CATÁLOGO DE ESPUMAS PLÁSTICAS	162
ANEXO D. CATÁLOGO DE CRISTALAN 809	163
ANEXO E. CATÁLOGO CRISTALAN 881	166
ANEXO E. CATÁLOGO CRISTALAN 881	167
ANEXO F. CATÁLOGO VITROMAT	169
ANEXO G. ESFUERZOS EN LAS ZONAS PRINCIPALES	171
ANEXO H. PLANOS TÉCNICOS	173

## RESUMEN

**TÍTULO:** SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN\*

**AUTOR:** GIL GONZÁLEZ, Giovany\*\*

**Palabras Claves:** Silla de Ruedas, Personas Discapacitadas, Rueda Motor, Plásticos Reforzados

## DESCRIPCIÓN

Este proyecto muestra como resultado, el desarrollo y comprobación de un modelo funcional de silla de ruedas propulsada por medio de un único motor de tipo eléctrico de 250W ensamblado en la rueda motriz, la cual actúa como elemento de tracción en el eje trasero lo cual le permite mayor maniobrabilidad, y que a su vez es dirigida por un joystick, acoplado por medio de un mecanismo activado únicamente por la energía aplicada por el usuario, lo cual disminuye los costos de fabricación y mantenimiento del producto.

Partes estructurales como el chasis, y de mobiliario como los bastidores del asiento y el espaldar de la silla han sido construidos con plásticos reforzados y núcleos metálicos, para disminuir su peso final sin comprometer la resistencia mecánica que un producto de movilización debe ofrecer. Para garantizar la durabilidad de las piezas y el confort del usuario se ha implementado un sistema escalonado de suspensión, que permite minimizar los efectos nocivos de la trepidación en los muslos y órganos internos; se ha considerado igualmente un tapizado que permita un intercambio progresivo del calor del cuerpo, disminuyendo las escaras y otras lesiones de piel generadas por los puntos específicos de presión, los cuales han sido disminuidos por medio de un diseño adecuado de espaldar y asiento, apoyado por una cuidadosa selección de los materiales tomados como base para su construcción.

Para la realización de este proyecto se realizó una investigación de campo y posteriormente se aplicaron estrategias para el diseño de productos, lo cual permitió conocer las necesidades reales del mercado local, y gracias a un trabajo conjunto de asesores y autor se pudieron contextualizar hacia el logro de los objetivos propuestos en las fases iniciales.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director D.I. CÓRDOBA, Jairo

## ABSTRACT

**TITLE: POWERED WHEELCHAIR, DESIGN & CONSTRUCTION\***

**Author:** GIL GONZÁLEZ, Giovany\*\*

**Key Words:** Wheelchair, Powered Wheelchair, Disability Person, Motor wheel, Reinforced Plastic

## DESCRIPTION

This project shows as its result, the development and prove of a functional model of a wheelchair powered by a single electric motor of 250W assembled in the motion wheel, which acts as traction element in the back axis that allows it higher maneuverability; this directional wheel is directed by a joystick, through a mechanism activated by the energy applied by the user, diminishing the costs of production and maintenance of the product.

Structural parts like the chassis and furniture parts like the seat frame and the backrest of the seat have been built with reinforced plastic and metallic nucleus, to diminish their final weight without committing the mechanical resistance that any mobilization product should offer. To guarantee the durability of the pieces and the user's comfort, a staggered system of suspension has been implemented, minimizing the noxious effects of the vibration in the thighs and internal organs. An upholstery that allows a progressive exchange of the heat of the body also has been considered, avoiding the scabs and other skin lesions caused by the specific points of pressure, which have been diminished by means of an appropriate design of backrest and seat, supported by a careful selection of the materials taken as base for their construction.

In order to execute this project, a field research was performed, followed by the appliance of a series of design product strategies, method that allowed to be aware of the real requirements of the local market, which were possible to interpret toward the achievement of the proposed aims at the initial phases of the project, thanks to a joint work of advisors and author.

---

\* Project of Degree

\*\* Universidad Industrial de Santander. Industrial Design School. Physical-Mechanics Engineering Faculty. Director D.I. CÓRDOBA, Jairo

## INTRODUCCIÓN

Las sillas de ruedas son elementos que por su constitución y en algunas ocasiones por su precio no han estado al alcance de la población; a nivel de manufactura, Colombia no ha sido uno de los más notables fabricantes, esto se debe principalmente por la dificultad en el pago de aranceles y otros impuestos que imposibilitan a los fabricantes la adquisición de tecnología y posibilitar la innovación de sus productos.

Por otra parte, el conflicto armado ha hecho engrosar las filas de pacientes que por una u otra razón han quedado en condición discapacitada y su condición económica no les permite adquirir sillas de ruedas de buena calidad. En este orden de ideas, es mucho más difícil pensar en adquirir sillas automáticas importadas, pues este proceso de legalización es económicamente muy desgastante por los altos impuestos que el usuario debe asumir. Es necesario entonces plantear una alternativa funcional y económicamente atractiva para muchos usuarios que necesitan disminuir la dependencia de sus semejantes, como el paso hacia el mejoramiento de la calidad de vida.

Con las condiciones propicias para el desarrollo de un proyecto con el impacto social suficiente como para una intervención de diseño industrial, se enunciará a continuación la metodología que se desarrolló a lo largo del proyecto.

- Investigación preliminar de cada uno de los tópicos pertinentes al tema, en libros, revistas y artículos Web
- Investigación de campo en instituciones como el asilo San Antonio, ASOPAR (Asociación de Parapléjicos de Santander) y ASODISPIE (Asociación de Discapacitados de Piedecuesta); en esos lugares se indagó directamente a los pacientes y al personal médico, por medio de encuestas previamente

diseñadas para obtener conclusiones previas, que permitieran generar argumentos válidos.

- Aplicación de estrategias como el QFD y Matriz de Contradicciones (TRIZ), con el fin de lograr un acercamiento desde el punto de vista del diseño industrial en la solución de los problemas existentes
- Formulación de alternativas para la solución de los problemas existentes, depuración y posterior análisis para seleccionar los puntos claves en cada una, y generar una conclusión unificada.
- Selección de asesores idóneos en la manufactura de las piezas, según el tipo de material o las características generales de la pieza.
- Modelado virtual y físico de las piezas a desarrollar, con el fin de atacar fallas y eliminarlas antes del proceso final de fabricación.
- Fabricación de las piezas componentes del conjunto, con las dimensiones adecuadas, para su posterior montaje y comprobación.
- Comprobación final del modelo funcional, teniendo en cuenta una correcta puesta a punto y una comprobación técnica previa, esto con el fin de lograr un feedback significativo en un escenario real.

De esta forma, fue posible lograr un producto que puede satisfacer las necesidades del usuario, siempre teniendo en cuenta que el mejoramiento en el desempeño se logrará mediante continuas, las cuales dictaminarán un rendimiento óptimo del producto.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseño y construcción de un elemento para movilización de personas discapacitadas de miembros inferiores, por medio de la adecuación de tecnología conocida, desarrollando en los usuarios un mayor nivel de independencia y confort en el desarrollo de sus actividades cotidianas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Introducir el uso de tecnologías poco difundidas a nivel local, y que contextualizadas en el plano social pueden mejorar la calidad de vida de la población discapacitada.
- ✓ Lograr documentación idónea que ilustre acerca de los problemas reales de los discapacitados en el entorno local.
- ✓ Lograr un diseño final con un alto nivel de aceptación por parte del mercado objetivo.
- ✓ Innovar en el uso de nuevos materiales como herramienta para optimizar el nivel de satisfacción, comprendido este concepto en los aspectos físicos y psicológicos del cliente.
- ✓ Localizar dificultades cotidianas que tiene la población debido a la disposición de los elementos que componen los productos actuales
- ✓ Investigar el tipo de lesiones causantes de problemas de parálisis parcial de miembros inferiores y superiores, su tratamiento y cuidados.
- ✓ Desarrollar un modelo que permita demostrar la funcionalidad del producto en un plano real

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 HISTORIA DEL USO DE SILLAS DE RUEDAS AUTO IMPULSADAS**

Las primeras sillas de ruedas aparecieron en los EE.UU. en la década del 50. A pesar que las sillas actuales se podrían llamar electrónicas, las primeras eran verdaderamente eléctricas. La E & J 840 era una máquina simple que no tenía tableros de circuitos ni controles suaves ni controlables como los actuales; se controlaban prendiendo y apagando cuatro interruptores que harían que la silla saltara al comenzar a andar, parar o cambiar de dirección. Algo de la brusquedad se podía suavizar con dos pesados motores de bobina de partida lenta, factor demasiado ineficiente. La silla tenía dos velocidades básicas, alta y baja; La silla tenía dos baterías de seis voltios conectadas en paralelo para las velocidades bajas y, para la velocidad alta, en serie y se debía parar la silla para cambiar de velocidad. A pesar de todos los inconvenientes, se trataba de movilidad independiente.

El siguiente gran avance en el diseño de sillas de ruedas fue la integración de un circuito electrónico y control de manejo gradual. Esto permitía que el usuario tuviese mayor control en la operación de la silla. Ahora, mientras más se moviera el bastón de control hacia la dirección deseada, más rápido se movería la silla en esa dirección. El circuito electrónico también permitió que se reemplazaran los motores de bobina con motores de magneto permanente más livianos y eficientes.

La primera de estas sillas de velocidad ajustable fue la Motorette, una unidad montada sobre una silla de ruedas manual. Los dos motores de 12 voltios estaban colocados sobre las ruedas traseras detrás del conductor. Los ejes de los motores giraban una pequeña leva que presionaba la rueda contra aquellas ruedas y la

leva perdería arrastre si las ruedas no estuvieran completamente infladas. Aunque las baterías estaban inclinadas hacia delante, hacían la silla inestable. “Una persona que conoció la silla de esos entonces comentó que, cuando la Motorette funcionaba mal, (sic).Se volvía loca y parecía potro sin domar. A pesar de ello, cuando la Motorette funcionaba bien, andaba más rápido y era más suave”<sup>1</sup>.

La mayoría de las sillas de ruedas de ese entonces eran sillas de ruedas manuales con modificaciones simples que llevaban baterías y motores de correa con una caja de control. El eje trasero quedaba montado detrás de la estructura y el centro de gravedad se empujaba hacia delante para compensar el peso añadido de las baterías traseras sin que la estructura se modificara mucho más. Los fabricantes de sillas de ese entonces, principalmente Everest y Jennings, no se daban cuenta que las sillas podrían servir a personas activas en ambientes externos, lo que llevó a serios problemas cuando su usuario las hacía llegar a las aceras de la ciudad a una velocidad de 4,5km por hora, se doblaban las horquillas de las ruedas y se quebraba el marco.

Los fabricantes de sillas de ruedas pensaban que sus usuarios estarían agradecidos por la movilidad dada, lo que era cierto; pero la aparición de las sillas eléctricas solamente alimentaron el apetito de los usuarios para ir más rápido y lejos. Esto impulsó una época de mayor creatividad e innovación en los talleres de sillas del Programa de Estudiantes con Discapacidades de la UC de Berkeley y del Centro de Vida Independiente.

Los mecánicos de sillas de ruedas substituyeron las horquillas de las ruedas delanteras por unas más fuertes y soldaron esquineros triangulares de refuerzo (chapetas) a los marcos laterales para impedir que se quebraran, rediseñaron las cajas de control para que los motores de 12 voltios pudieran reemplazarse por

---

<sup>1</sup> KRIZACK, Marc ¿Qué hay con las sillas de rueda eléctricas?  
Exposición electrónica del Smithsonian sobre derechos de la discapacidad ([krizack@sfsu.edu](mailto:krizack@sfsu.edu))

otros más poderosos de 24 y agregaron frenos dinámicos que hacían que el motor de tracción libre delantera bajara la velocidad para ir frenando. También agregaron baterías de mayor carga para aumentar la distancia de viaje de una silla en una carga.

Jim Donald, estudiante de Berkeley que se recibió de abogado, inventó una añadidura conocida como el "Equipo de la silla de ruedas de Berkeley", que incluía dos motores de 24 voltios en un sistema de montaje horizontal debajo de la silla y por delante de las ruedas traseras. Una rueda de fricción en cada motor presionaba los neumáticos como en la Motorette, pero la rueda era más grande que la de aquella. La combinación de motores más poderosos con una rueda de fricción más grande, aumentaron enormemente la velocidad a la silla sin quitarle la tracción. Innovaciones posteriores reemplazaron la rueda de fricción por cadenas y las llantas pasaron a ser sólidas. Los fabricantes de sillas de ruedas adoptaron rápidamente éstas y otras innovaciones primerizas, que fueron formuladas por mecánicos de sillas de ruedas e inventores caseros.

Aunque internacionalmente se reconoce a la silla de ruedas Quickie como una de las primeras sillas manuales livianas de producción masiva; la invención y desarrollo de las sillas de ruedas eléctricas tuvo un impacto mucho mayor tanto en las vidas de los individuos que las usaban como en el movimiento que dirigían. Susan O'Hara se montó en una silla de ruedas por primera vez en 1971, cuando durante una visita a Berkeley le prestaron una por el verano. Comentó: "La silla de ruedas revolucionó mi vida. Si alguien me acompaña ahora, es porque desea hacerlo y no por razones funcionales". La Sra. O'Hara llegó a ser la primera directora del Programa de Residencia de los Estudiantes con Discapacidades Físicas de la UC en Berkeley.

## 1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SILLAS DE RUEDAS

Las sillas de ruedas (SDR) tienen diversas clasificaciones, pero por conveniencia se tomarán de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 1. Clasificación de las SDR**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TIPO DE PACIENTE</b>	<b>TRACCIÓN</b>
Deportivas	Adultos	Manual
De Casa / Oficina	Adultos	Automático
De Actividad Externa	Adultos / Niños	Automática / Manual

Fuente: Autor del proyecto

De acuerdo a la tabla anterior es posible deducir que existen tantas alternativas de diseño, como actividades tenga el usuario; para tratar de abarcar la mayor generalidad se cruzará información entre las SDR que más prefiere el público, y que por estadísticas son más empleadas según la actividad, teniendo en cuenta si el tipo de tracción será automático. Sin embargo, es necesario conocer a nivel general cada uno de los tipos de silla existentes, pues es probable encontrar puntos comunes que puedan solucionar situaciones conflictivas.

**Tabla 2. Sillas según su actividad**

<p><b>Deportivas</b></p>		<p>Sillas con chasis extra ligero, construido materiales livianos como aluminio y fibra de carbono</p>
<p><b>De Oficina</b></p>		<p>Sillas con una longitud total muy reducida, propicia para entrada en lugares de difícil acceso como escritorios y mesas de reunión</p>
<p><b>De Actividad Externa</b></p>		<p>Sillas con una construcción realmente robusta, idónea para el desplazamiento en topografías no uniformes, con barras de torsión y de seguridad</p>

Fuente: Catálogo Tecnum

**Tabla 3. Sillas según el tipo de paciente**

<p><b>Adultos</b></p>		<p>Este tipo de sillas varía dimensionalmente de acuerdo a la actividad del usuario, puede ser manual o automática o tener accesorios especiales según los requerimientos del paciente</p>
<p><b>Niños</b></p>		<p>Son las sillas comercialmente más difíciles encontrar debido a que su demanda es mucho menor; se puede acceder a ellas por encargo en empresas especializadas</p>
<p><b>Pacientes temporales</b></p>		<p>Se destinan a pacientes que acceden a servicios de salud en clínicas y hospitales, su estructura posee accesorios especiales para facilitar acceso a cuartos de baño</p>

Fuente: Catálogo Tecnum

**Tabla 4. Sillas según la tracción**

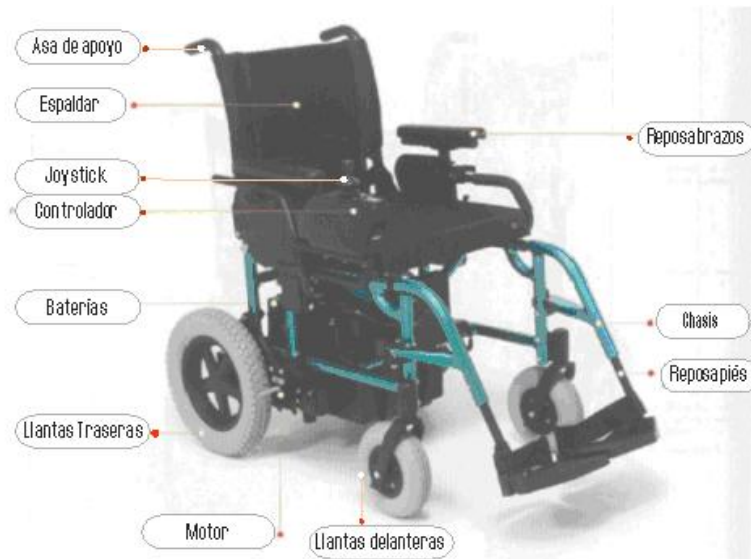
<p><b>Manual</b></p>	 A manual wheelchair with a purple frame, black seat, and large rear wheels with handrims. It has a smaller front wheel and footrests.	<p>Sillas con una constitución muy esbelta para facilitar la movilización, la tracción es realizada por el impulso generado con la palma de la mano sobre cada una de las ruedas traseras</p>
<p><b>Automática</b></p>	 An electric wheelchair with a grey frame, black seat, and four large wheels. It features a joystick control on the right armrest and a battery pack on the back.	<p>Esta clase de sillas es propulsada por motores eléctricos dirigidos electrónicamente por un joystick posicionado sobre los reposabrazos</p>

Fuente: Catálogo Tecnum

### **1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA SILLA DE RUEDAS**

Para tener un conocimiento previo de las zonas generales que componen una silla de ruedas autopropulsada, a continuación se enuncian los componentes que se tratarán con frecuencia en el presente documento, y que servirán como referencia en el desarrollo del modelo final.

**Figura 1. Silla de Ruedas a motor clásica**



Fuente: Catálogo Tecnum

**Tabla 5. Despiece básico de una SDR**

<b>Pieza</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
1	Joystick	Direccional
2	Reposabrazos	Apoyo de ext. superiores
3	Asiento	Apoyo para pos. sedente
4	Espaldar	Apoyo lumbar y dorsal
5	Asa de Apoyo	Agarre para propulsión asistida
6	Chasis	Bastidor de la estructura
7	Baterías	Suministro de energía
8	Llantas Traseras	Traslación y dirección
9	Motor	Tracción
10	Llantas Delanteras	Apoyo en tracción y dirección
11	Reposapiés	Apoyo para ext. inferiores
12	Controlador	

Fuente: Autor del proyecto

## 1.4 GENERALIDADES SOBRE LAS LESIONES DE MÉDULA ESPINAL (SCI)

La médula espinal es uno de los elementos más complejos elementos del cuerpo humano, recibe órdenes directamente del encéfalo, y los traduce en movimientos o cualquier suerte de órdenes que llevan a cabo una interacción con el medio.

Por esta y muchas otras razones cualquier daño a la médula espinal es una lesión muy difícil de superar; cada lesión es diferente y puede afectar el cuerpo en varias formas<sup>2</sup>; a continuación se expondrá un resumen acerca de los conceptos más elementales que a nivel médico y de rehabilitación es necesario conocer para poder desarrollar un producto acorde con las necesidades de cada paciente, que en este caso manipulará una silla de ruedas con características muy especiales, además de hacer parte de su cotidianidad y estilo de vida.

**1.4.1 Definición de las SCI.** Las lesiones de la médula espinal (su sigla en inglés es SCI, (*Spinal Cord Injury*) agudas se deben a una lesión traumática que da por resultado una contusión, un desgarro parcial o total (llamado transección) en la médula espinal; a pesar de que el cuerpo humano crece y la espina dorsal se fortalece, la exigencia hacia estas se incrementa ya sea por el aumento en el peso del paciente, el levantamiento excesivo de cargas, con movimientos viciados o por impactos provenientes de la cabeza, entre otros. Las lesiones causadas sobre la médula espinal a pesar de provenir de diversas fuentes, siempre tienen las mismas características de fractura, luxación, desplazamiento o compresión. En los niños, las SCI son una de las causas más frecuentes de discapacidad permanente y de muerte.<sup>3</sup>

Para el caso Colombiano según el Departamento Nacional de Estadística (DANE) para el año de 1993 según el censo realizado la población contaba con 62.004

---

<sup>2</sup> (Tomado de artículo web, autores: Lester V. Bergman/Corbis)

<sup>3</sup> University of Virginia Health System. Health topics. Spinal Cord Injury

discapacitados de miembros inferiores, dentro de los que podemos enumerar amputaciones o parálisis de los mismos, y teniendo en cuenta las proyecciones de la institución esta cifra aumentaría en un 35% para el 2007, debido a los factores de violencia y la multiplicidad de enfermedades que pueden afectar los miembros inferiores.<sup>4</sup>

**1.4.2 Causas de una lesión aguda de la médula espinal.** Las causas de estas lesiones provienen de numerosas fuentes, el ser humano es potencialmente frágil desde el comienzo de su existencia; el feto inicialmente está sometido a una carga muy fuerte elementos desconocidos en el momento del parto, y solamente su manipulación puede ser la fuente de una SCI con secuelas permanentes en su movilidad, posterior a esto se es proclive a un accidente con el simple hecho de una posición viciada al dormir, sin embargo existen causas muy comunes que serán enunciadas a continuación incluyendo las anteriores:

- Lesiones en el parto, que suelen afectar a la columna vertebral en la región cervical
- Caídas en las cuales se ve comprometida la espina dorsal, debido impactos que provocan flexión o compresión de la misma.
- Accidentes de tránsito, ya sea como conductor, ocupante o peatón.
- Lesiones deportivas
- Accidentes en trampolines
- Atentados con armas de fuego o blancas

**1.4.3 Síntomas de una lesión aguda de la médula espinal.** Al principio, el paciente puede sufrir un choque medular, que produce pérdida de la sensibilidad, de los movimientos musculares y de los reflejos. A medida que disminuye la hinchazón pueden aparecer otros síntomas, que dependen de la ubicación de la

---

<sup>4</sup> DANE Censo 1993 Resumen nacional- Cuadro 7- Población censada en hogares particulares por tipo discapacidad según sexo y grupos de edad. Total nacional.

lesión. Generalmente, cuanto más elevado sea el nivel de la lesión en la médula espinal, mayor será la gravedad de los síntomas. Por ejemplo, una lesión en el cuello, en C1 o C2 (primera y segunda vértebras de la columna vertebral), afecta a los músculos de la respiración y a la capacidad de respirar. Una lesión más baja, en las vértebras lumbares, puede afectar a los nervios y músculos que controlan la vejiga, los intestinos y las piernas.

Los síntomas de las SCI pueden incluir:

- Debilidad muscular
- Pérdida de los movimientos musculares voluntarios en el tórax, los brazos o las piernas
- Problemas para respirar
- Pérdida de la sensibilidad en el tórax, los brazos o las piernas
- Pérdida de las funciones vesical e intestinal

**1.4.4 Clasificación de las SCI.** Las SCI se clasifican de acuerdo al tipo de pérdida de funciones motoras y sensoriales del paciente. A continuación se enumeran los principales tipos de clasificaciones:

**1.4.4.1 Cuadriplejia.** Pérdida de la capacidad motora y de la sensibilidad en las cuatro extremidades (brazos y en un piernas). La cuadriplejia también afecta los músculos del tórax, causa por la cual el paciente debe utilizar un respirador mecánico.

Existen dos tipos de cuadriplejia:

- Cuadriplejia baja: Lesión de cualquiera de los segmentos cervicales C5, C6 y C7 en esta lesión solamente la mano conserva el movimiento.

- Cuadriplejia alta: Lesión de cualquiera de los segmentos cervicales C1, C2, C3 y C4) en esta lesión se pierde la movilidad total de la extremidades superiores.

**1.4.4.2 Paraplejia.** Pérdida de la capacidad motora y de la sensibilidad desde la cintura para abajo (piernas derecha e izquierda). Este tipo de síndrome altera la función motora y se presenta cuando se lesiona la sección transversal de la médula espinal al nivel de los segmentos torácicos (D1, D6 y D12). En estas lesiones se interrumpen las fibras nerviosas de los miembros inferiores, lo cual provoca parálisis de ambos miembros inferiores. Los superiores no se afectan. Los reflejos profundos y el tono muscular en los miembros inferiores se aumentan y aparecen reflejos de defensa y reflejos patológicos. Los reflejos cutáneos desaparecen por debajo de la lesión y se aumenta el tono muscular.

**1.4.4.3 Hemiplejia.** Es la parálisis de la mitad del cuerpo (puede ser del lado derecho o del izquierdo). Este síndrome se produce por lesión en uno de los funículos laterales, al nivel de los segmentos cervicales superiores de la médula espinal (desde C1) y en él se presenta la parálisis de los miembros superior e inferior en el lado del foco, sin que la musculatura mimética y de la lengua se comprometa. La hemiplejia también se puede producir por lesión en uno de los hemisferios cerebrales causando parálisis de los músculos del cuerpo del lado opuesto al foco de lesión.

**1.4.4.4 Monoplejia.** Aparece al presentarse la lesión unilateral de la médula espinal, lo cual se manifiesta por la parálisis de uno de los miembros superior o inferior.

Además de esto el paciente puede quedar discapacitado cuando debido a una enfermedad o a un accidente traumático, debe ser sometido a una intervención quirúrgica con el fin de amputarle algún miembro.

**1.4.5 Diagnóstico de las SCI.** Puede ser prematuro diagnosticar un paciente debido a la pérdida parcial de la sensibilidad en alguno de sus miembros; por este motivo, es necesario compilar una historia médica del paciente, incluyendo la crónica del accidente, pruebas físicas realizadas y antecedentes del grupo familiar.

Los exámenes de diagnóstico pueden incluir:

- **Análisis de sangre:** Examen que permite visualizar el contenido de los componentes de la sangre para establecer un diagnóstico previo que indique la condición inicial del paciente.
- **Radiografía:** Examen de diagnóstico que utiliza rayos de energía electromagnética invisible para producir imágenes de los tejidos, los huesos y los órganos internos en una placa radiográfica.
- **Tomografía computarizada (TC o TAC.)** Procedimiento de diagnóstico por imágenes que utiliza una combinación de radiografías y tecnología computarizada para obtener imágenes de cortes transversales del cuerpo, tanto horizontales como verticales. Un TAC muestra imágenes detalladas de cualquier parte del cuerpo, incluidos los huesos, los músculos, el tejido adiposo y los órganos. Las tomografías computarizadas muestran más detalles que las radiografías generales y de ellas se pueden hacer conclusiones más avanzadas cuando el caso así lo requiera.
- **Imágenes por resonancia magnética (IRM)** Procedimiento de diagnóstico que utiliza una combinación de imanes, radiofrecuencias y una computadora para producir imágenes detalladas de los órganos y las estructuras internas del cuerpo.

**1.4.6 Tratamiento para una lesión aguda de la médula espinal.** El tratamiento medicado a cada paciente debe considerarse de acuerdo a variables que son muy particulares a cada lesión; desde la clasificación de la misma, hasta la edad de la persona, incluyendo su entorno social. Dentro de las consideraciones más comunes podemos tener en cuenta las siguientes:

- La edad del lesionado, su estado general de salud y sus antecedentes médicos
- La gravedad de la lesión
- El tipo de lesión
- La tolerancia a determinados medicamentos, procedimientos o terapias
- Las expectativas para la evolución de la lesión

La SCI requiere atención médica de emergencia en el lugar del accidente o de la lesión, lo que se logra mediante la inmovilización la cabeza del paciente, aunque son comunes los casos en los cuales el pánico de las personas que asisten al herido, provoca malas maniobras que pueden perjudicarlo posteriormente.

Desafortunadamente, no existe actualmente una cura para reparar una médula espinal lesionada o dañada. La gravedad de la SCI y su ubicación son factores que determinarán si la lesión es leve, grave o fatal. Precisamente esta es una sección que recientemente ha sido intervenida por profesionales de diversas profesiones con el cultivo de células madre que se encuentra en su fase de experimentación, pero desafortunadamente tomará un tiempo prudencial definir si es una solución definitiva o un avance más en investigación.

Retomando hacia los tratamientos clínicos de estas lesiones, en ocasiones es necesario realizar una cirugía para evaluar la médula, estabilizar los huesos fracturados de la columna, descomprimir la presión en el área lesionada y tratar otras lesiones que pudieran haberse producido como resultado del accidente. El

tratamiento es individualizado y depende de la gravedad del trastorno, así como de la presencia de otras lesiones.

Puede incluir lo siguiente:

- Observación y tratamiento médico en la unidad de cuidados intensivos
- Medicamentos como los corticosteroides (que ayudan a disminuir la inflamación de la médula espinal)
- Respirador artificial o mecánico
- Sonda de Foley - tubo que se coloca en la vejiga y que sirve para evacuar la orina en una bolsa colectora
- Sonda de alimentación - se coloca en las fosas nasales hasta el estómago o directamente a través del abdomen hasta el estómago para que el paciente reciba los nutrientes y calorías necesarios para su supervivencia

La recuperación de una SCI requiere un período prolongado de hospitalización y rehabilitación. Un equipo interdisciplinario de médicos, enfermeras, terapeutas (físicos, ocupacionales o del habla), así como otros especialistas trabajan para controlar la función cardíaca, la presión sanguínea, la temperatura corporal, el estado nutricional, las funciones vesical e intestinal y el control del dolor, y para intentar dominar los espasmos musculares involuntarios (espasticidad). La rehabilitación se concentra en la prevención de la caquexia y de las contracturas, y su objetivo es volver a entrenar al sujeto en el uso de otros músculos y así aumentar su movilidad y su capacidad motora.

**1.4.7 Consideraciones definitivas para una persona con una lesión aguda de médula espinal.** Un acontecimiento traumático cuya consecuencia es una SCI resulta devastador tanto para el afectado como para su familia. Después de la hospitalización y la rehabilitación, el equipo del cuidado de la salud brinda a los familiares la información necesaria acerca de cómo cuidar al paciente en el hogar

y les describe los problemas clínicos específicos que requieren atención médica inmediata.

Siempre que sea posible, se debe intentar maximizar las capacidades de la persona afectada tanto en el hogar como en la comunidad. El refuerzo positivo lo animará a fortalecer su autoestima y fomentará su independencia.

Una persona con una lesión medular necesita evaluaciones médicas y exámenes de diagnóstico frecuentes después de la hospitalización y la rehabilitación para vigilar su progreso y de esta manera continuar con el tratamiento más óptimo.

### **1.5 ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL (A.E.A.)**

Existen numerosas posibilidades en la adquisición de una silla de ruedas, cada vez más personalizables y de mejor rendimiento, debido a un fuerte desarrollo tecnológico en la generación de baterías compactas y motores<sup>5</sup> más eficientes, solo por mencionar las características más generales que son susceptibles de mejorar con el tiempo.

---

<sup>5</sup> “Los parapléjicos pueden recuperar la sensibilidad. AFP Washington. Artículo difundido por el diario Vanguardia Liberal. 31 de Marzo de 2006

**Tabla 6. Análisis Modelo JAZZY 1120**

<p><b>MODELO:</b></p> <p><b>JAZZY 1120</b></p>	
<p><b>TECNOLOGÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasis fabricado en perfil de acero, doblado y soldado</li> <li>• Dos motores sobre las ruedas delanteras</li> <li>• Tapizado rígido</li> <li>• Dirigida por Joystick electrónico</li> </ul>
<p><b>DISEÑO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Robusto para lograr desempeño eficiente sobre terrenos difíciles</li> <li>• Conjunto desarmable con herramienta especializada</li> <li>• Sobriedad en los detalles para fortalecer la imagen ante el público adulto (Personas mayores de 25 años)</li> </ul>
<p><b>ESPECIFICACIONES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho: 64 cm. - Largo: 100 cm. - Velocidad: 7 Km./h</li> <li>• Autonomía: 40Km / 4 h. - Desnivel: 20% -</li> <li>• Peso: 135 kg.</li> <li>• Colores: Rojo, Verde, Champagne</li> <li>• Tracción 2x4</li> <li>• Precio: € 7483 + IVA</li> </ul>
<p><b>FUNCIONALIDAD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruedas antivuelco</li> <li>• Suspensión en las ruedas delanteras que le permiten superar obstáculos de máximo 10 cm.</li> <li>• Por su bajo centro de gravedad no pierde estabilidad en terrenos no uniformes</li> </ul>
<p><b>ERGONOMÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiento y espaldar graduables</li> <li>• No existen zonas fricción para un correcto agarre en las asas, estas son completamente lisas y sin amortiguamiento para la zona palmar.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto

**Tabla 7. Análisis Modelo PQ**

<p><b>MODELO:</b> <b>PQ</b></p>	
<p><b>TECNOLOGÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasis fabricado en perfil de acero y aluminio, doblado y soldado</li> <li>• Dos motores sobre las ruedas traseras en un</li> <li>• Tapizado semi-rígido</li> <li>• Dirigida por Joystick electrónico</li> </ul>
<p><b>DISEÑO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasis esbelto para reducir el peso total</li> <li>• Conjunto desarmable con herramienta especializada</li> <li>• Pensado para lugares de difícil acceso con el apoyo de llantas nudosas diseñadas para rodar sobre barro, arena y pequeñas rocas</li> <li>• Canastilla para almacenar objetos</li> </ul>
<p><b>ESPECIFICACIONES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad: Marcha lenta: 1,6 Km/h. Marcha Rápida 3,2 Km/h. -</li> <li>• Tracción 4x4</li> <li>• Carga máxima: 75 kg.</li> <li>• Peso total: 80 kg.</li> <li>• Precio: € 10150 + IVA</li> </ul>
<p><b>FUNCIONALIDAD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema omnidireccional en cada rueda, lo que permite un reducido radio de giro de la silla</li> <li>• Montaje desarmable y de fácil mantenimiento debido a que las partes motrices están cubiertas por carcazas</li> </ul>
<p><b>ERGONOMÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiento y espaldar no graduables</li> <li>• Amortiguamiento para las zonas palmares</li> <li>• Tapizado sin texturas ni refuerzos, lo que permite deslizamientos del usuario</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto

**Tabla 8. Análisis Modelo TRAX CORPUS**

<p><b>MODELO: TRAX CORPUS</b></p>	
<p><b>TECNOLOGÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasis fabricado en perfil de aluminio soldado</li> <li>• Dos motores sobre las ruedas traseras</li> <li>• Tapizado rígido</li> <li>• Dirigida por Joystick electrónico</li> </ul>
<p><b>DISEÑO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chasis flexible para adaptarse a terrenos irregulares</li> <li>• Conjunto no desarmable</li> <li>• Diseño amigable para captar público joven que desea acceder a diferentes lugares sin asistencia o apoyo</li> <li>• Pensado para lugares de difícil acceso con el apoyo de llantas nudosas diseñadas para rodar sobre barro, arena y pequeñas rocas</li> <li>• Compartimiento cerrado para almacenar objetos</li> </ul>
<p><b>ESPECIFICACIONES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad Máx.: 4,8 Km./h. -</li> <li>• Tracción 2x4</li> <li>• Carga máxima: 100 kg.</li> <li>• Peso total: 110 kg.</li> <li>• Precio: € 14650 + IVA</li> </ul>
<p><b>FUNCIONALIDAD</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suspensión independiente en cada una de las ruedas</li> <li>• Fácil mantenimiento debido a que las partes motrices están cubiertas</li> </ul>
<p><b>ERGONOMÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asiento, espaldar y longitud del chasis graduables</li> <li>• No posee amortiguamiento para las zonas palmares</li> <li>• Tapizado rígido especialmente diseñado para períodos prolongados de uso, y flexible para absorber las vibraciones</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto

### 1.5.1 Conclusiones del análisis del estado actual.

**Tabla 9. Conclusiones del A.E.A.**

<p><b>TECNOLOGÍA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El chasis debe reforzarse con materiales ligeros para disminuir el peso del conjunto; componentes como el Acero además de elevar el peso pueden ser atacados con mayor facilidad por la corrosión, por esto sería necesario aplicar procesos de acabado que retardan la producción y elevan los costos.</li> <li>• Se descartan procesos de conformado como el de inyección, por los altos costos que representa para la creación de un modelo, aunque debe plantearse como alternativa en una producción industrial.</li> <li>• Es recomendable el uso de Plásticos Reforzados, debido a su fácil consecución, versatilidad en el modelado, elevadas propiedades mecánicas y precio moderado según el refuerzo.</li> </ul>
<p><b>DISEÑO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se empleará un lenguaje amable para el usuario, que le permita interactuar con el objeto de la forma más sencilla, maximizando la funcionalidad.</li> <li>• Debido a que el peso es uno de los tópicos más importantes, el diseño estructural tiene que controlarse basado en materiales tecnológicamente pensados para este fin, racionalizando los elementos y maximizando las propiedades de los materiales empleados.</li> <li>• Deben incluirse en el diseño final características que sean esenciales para la movilización del usuario, se obviarán accesorios que no cumplan esta condición y que puedan entorpecer la interfase usuario-objeto</li> <li>• Las zonas de contacto peligroso debe estar debidamente protegidas para que el usuario no acceda a ellas</li> </ul>
<p><b>ESPECIFICACIONES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El peso para elementos guiados por la muñeca no debe superar el peso de 1 Kg.</li> <li>• El material de chasis debe soportar una carga de aproximadamente 85Kg</li> <li>• El ancho total de la silla no debe superar 70 cm.</li> <li>• El largo total no debe superar 1,20 metros</li> <li>• Si se desea que el conjunto pueda ser transportable, este no puede superar los 50 Kg.</li> <li>• El acabado final debe permitir la fricción para prolongar las</li> </ul>

	<p>propiedades mecánicas y estéticas del producto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad máxima debe ser de aproximadamente 5 km/h</li> <li>• La autonomía de las baterías debe ser de 20 km o cuatro horas de trabajo continuo</li> <li>• El precio no debe superar los 4 millones de pesos colombianos</li> </ul>
<b>FUNCIONALIDAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe minimizar el numero de piezas que conformen el conjunto, para que de esta forma el usuario pueda hacer un mantenimiento preventivo mucho mas efectivo y rápido</li> <li>• El conjunto debe ser desmontable para su transporte en automóviles</li> <li>• La herramienta empleada para el desmonte debe ser universalmente conocida</li> </ul>
<b>ERGONOMÍA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cargas físicas deben ser distribuidas de tal forma que el usuario no sea sometido a un estrés excesivo que debilite su condición física o mental</li> <li>• Las zonas de agarre deben estar cuidadosamente limitadas para imprimir seguridad en la realización de la tarea, y de la misma forma para aclarar el lenguaje semiótico del producto</li> <li>• Se deben limitar los riesgos que pueda sufrir el usuario en la ejecución de la labor, ya sea con una adecuada señalización en el objeto o con la recomendación de los elementos de protección pertinentes</li> </ul>
<b>ACABADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las pinturas o recubrimientos que posean las piezas deben resistir condiciones de alta temperatura y corrosión al que pueda estar sometido el material</li> <li>• Los colores empleados deben reflejar situaciones de peligro para el usuario en casos necesarios</li> <li>• Se debe tener especial atención a los acabados de procesos como la soldadura, pues una inadecuada labor de pulido puede generar riesgos para el usuario, afectando la presentación final del producto</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto

## 2. CONSIDERACIONES ERGONÓMICAS Y BIOMECÁNICAS

### 2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA BIOMECÁNICA DE UNA SILLA DE RUEDAS

El diseño de la silla de ruedas debe respetar ciertas normas que hacen parte de un conocimiento construido empíricamente, y que se han ido perfeccionado con los avances científicos que crecen notablemente, y que buscan acercarse cada vez mas a una población que definitivamente no ha recibido la atención necesaria del sector industrial y manufacturero<sup>6</sup>.

A continuación se enunciarán algunos aspectos que forman parte de una pequeña colección de buenas prácticas en la construcción de una silla de ruedas, con el objetivo de lograr la maximización en el rendimiento de la silla de ruedas, y lo mas importante, la consecución de la satisfacción del usuario.

- **Factores que afectan la movilidad**



Una silla de ruedas debe tener como objetivo permitir al usuario su transporte seguro en un escenario de interacción con el medio. Para cumplir con este objetivo, la silla debe estar pensada para ajustarse a la persona, no es la persona la que debe amoldarse a su silla. Si se escoge una silla de ruedas no apropiada, puede resultar incomoda; p.e. tener un asiento en el que el usuario resbale hacia delante o se incline hacia un lado. El resultado será

que la energía del usuario se malgastará de manera innecesaria debido al esfuerzo continuado por modificar su postura.

---

<sup>6</sup> Sunrise Medical & Co. Biomecanica de la Silla de ruedas. Artículo Publicado en [www.imagina.org](http://www.imagina.org)

A menudo se considera que lo que más afecta a la maniobrabilidad de la silla son el peso y el material con el que esté hecha su estructura. Sin embargo, hay factores más importantes como el asiento y la postura del usuario, la distancia entre ejes de las ruedas, la posición y el tamaño de las mismas, incluso la forma en que la silla ha sido ajustada o montada, puede influir decisivamente en la funcionalidad y movilidad del usuario.

A continuación se enuncian los factores que afectan a la MOVILIDAD-ROZAMIENTO:

- ***La distribución del peso entre las ruedas delantera y traseras.***

Mayor peso sobre las ruedas delanteras provocan mayor rozamiento, pero al mismo tiempo hace que la silla sea más estable. Una silla de ruedas Standard tiene una distribución del peso de 50/50%, mientras que una silla ligera ajustable tiene una distribución del peso de 80% en la rueda trasera y 20% en la delantera (aproximadamente). Esto hace que ruede mejor que una Standard ya que el peso del cuerpo no produce torque, al estar alineado con la rueda de impulso, pero que es menos estable en pendientes elevadas, al observarse la tendencia a pivotar sobre la rueda trasera.

- ***El tamaño y composición de las ruedas.***

Las ruedas neumáticas resultan más cómodas al amortiguar mejor, pero oponen una mayor resistencia a rodar por ser más blandas. La resistencia es inferior en ruedas con cubiertas macizas por ser más duras. Las ruedas pequeñas tienen menor rozamiento por tener menos superficie de contacto con el suelo, pero esto mismo hace que presenten peor agarre. Ruedas más grandes tienen mejor agarre por tener una superficie de contacto mayor pero también produce un rozamiento superior (Es válido para condiciones iguales de terreno, pero alternando el tipo de rueda en la misma situación). Siempre teniendo en cuenta que el concepto de

*Fricción* depende inicialmente de las superficies involucradas en el contacto, y posteriormente el *Desplazamiento* depende del área que está en contacto en un punto determinado.

- ***Tamaño de las ruedas delanteras***

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelos accidentados. Las ruedas pequeñas son mejores para su uso en interiores y para la práctica de deportes por su mayor rapidez de giro en superficies lisas y duras. Sin embargo el tamaño adecuado, está determinado por la combinación entre la superficie sobre la cual será utilizada y la distribución del peso en la silla. Por eso, una rueda pequeña en una silla con una distribución del peso 50/50% daría un elevado rozamiento.

- ***Centro de gravedad de la silla.***

Al mover el centro de gravedad hacia atrás y hacia arriba se aumenta el peso sobre las ruedas traseras y hace que la silla sea más fácil de manejar pero más inestable. Si se desplaza el centro de gravedad hacia abajo y hacia delante, la silla gana en estabilidad pero es más difícil de manejar. (Es posible llegar a un compromiso según las necesidades del usuario. Puede ser necesario introducir dispositivos de seguridad como ruedas anti-vuelco).

- ***Distancia entre ejes de ruedas delanteras y traseras.***

Una distancia larga entre ejes mantiene mejor el rumbo (por eso las sillas de carreras son muy alargadas). Una distancia entre ejes corta resulta más suave y fácil de manejar (por eso las sillas de baloncesto tienden a tener esta distancia más corta).

- ***Angulación de las ruedas traseras.***

Si las ruedas tienen un ángulo positivo (mayor ancho en la base) la silla mantendrá mejor el rumbo, será más estable y la postura de los hombros será mejor. (El inconveniente es que así se aumenta el ancho total de la silla, por eso solo se usa para sillas deportivas).

- ***Ángulo de las ruedas delanteras.***

Después de cualquier cambio en las ruedas traseras o en la altura del armazón, hay que comprobar siempre que las delanteras están a 90°. Si el ángulo es más abierto (superior a 90°) la silla girará más rápido pero al detenerse tenderá a irse hacia atrás y la parte delantera del armazón quedará más elevada. Si el ángulo es inferior a 90° se dificulta el giro. Cuando se quiere detener la silla, esta tiende a seguir rodando, y la parte delantera de la silla queda más baja que la trasera.

**2.1.1 La postura en la silla de ruedas.** La capacidad para funcionar de manera eficaz y realizar actividades depende de la habilidad para adoptar la postura apropiada. Esto hace que, si una persona no puede moverse o modificar su postura, puede ser necesario utilizar el asiento para intentar dar externamente lo que está limitado internamente<sup>7</sup>.

Una silla de ruedas únicamente resulta preferible para su usuario si le proporciona comodidad y una base de asiento estable que le permita:

- Sentarse erguido en una posición sentada simétrica.
- Conseguir la máxima capacidad funcional con el mínimo gasto de energía.
- Reducir la presión que soporta en glúteos y muslos.

---

<sup>7</sup> Sunrise Medical & Co. Biomecánica de la Silla de ruedas. Artículo Publicado en [www.imagina.org](http://www.imagina.org)

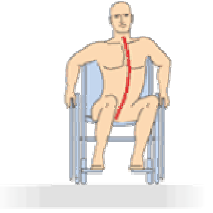

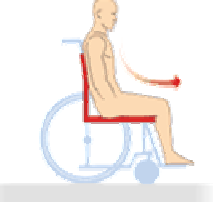
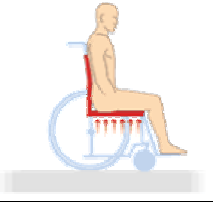
A continuación se mencionan las principales variables que intervienen en la postura del usuario en la silla de ruedas:

**2.1.2 Tamaño del asiento.** Asegura la estabilidad optimizando la zona del cuerpo del usuario en contacto con la base del soporte. También procura alivio de la presión al distribuir de manera uniforme el peso del usuario en la mayor superficie posible.

- *Dimensiones:*

- *Largo: 45cm*
- *Ancho: 49 cm.*

**Tabla 10. Tamaño de Asiento**

	<p>Si el asiento es demasiado ancho el usuario tenderá a no sentarse simétricamente, si es demasiado estrecho existe el riesgo de que se produzcan escaras por presión.</p>
	<p>Si es demasiado corto, los muslos no se apoyan en el asiento en toda su longitud de forma que se acumula mayor presión en las nalgas.</p>
	<p>Si es demasiado largo, puede producir tensión en la zona de detrás de la rodilla. También dificultará que el usuario obtenga el soporte adecuado del respaldo, ya que tenderá a deslizarse en el asiento para evitar la tensión.</p>
	<p>La longitud óptima del asiento debe ser aquella que estando el usuario bien sentado (erguido) deje una distancia aproximada de dos dedos de espacio entre el final del asiento y la zona interna de las rodillas del usuario.</p>

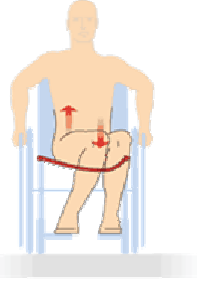
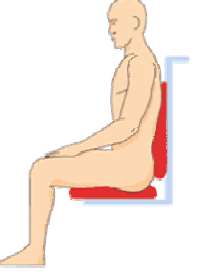
Fuente: SM & Co

**2.1.3 Forma y ángulo del asiento.** El asiento debe ser firme para evitar el aumento de presiones críticas y debe estar nivelado para disminuir el deslizamiento.

- *Dimensión:*

- *Ángulo: 10 °*

**Tabla 11. Forma y ángulo del asiento**

	<p>Una tapicería de asiento hundida provocará que el usuario se siente de manera asimétrica haciendo que los muslos y las rodillas se empujen.</p> <p>Esto producirá un exceso de presión y rozamiento.</p>
	<p>Cuando se mantiene una buena postura, el ángulo de la cadera (entre los muslos y el tronco) es fundamental ya que determina la estabilidad de la pelvis. Se considera que el ángulo de 90° es el más adecuado para las actividades cotidianas. La mejor forma de conseguir este ángulo es utilizando un cojín adaptado a la forma humana, más bajo por detrás para acomodar la forma de los glúteos.</p>

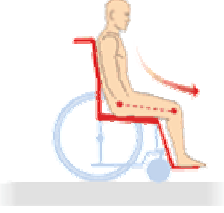
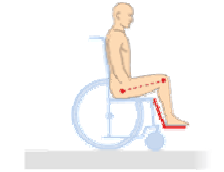
Fuente: SM & Co

**2.1.4 Soporte para los pies.** Debe existir una plataforma para elevar los pies del piso que pueda soportarlos, y de la vez brinde seguridad usuario

*Dimensiones:*

- *Largo: 15 cm.*
- *Ancho: 18 cm.*

**Tabla 12. Soporte para los pies**

	<p>La altura a la que estén colocadas las plataformas también es importante. Si están demasiado bajas o el asiento demasiado alto, las rodillas del usuario estarán más bajas que sus caderas.</p> <p>De esta forma el usuario tenderá a deslizarse en el asiento, dificultando la propulsión y aumentando el rozamiento en las nalgas.</p>
	<p>Si las plataformas están demasiado altas o el asiento bajo, las rodillas estarán más altas que las caderas aumentando la presión sobre las nalgas</p>

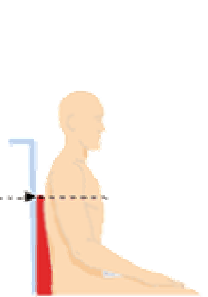
Fuente: SM & Co

**2.1.5 Altura del respaldo.** Debe existir una superficie que sirva de apoyo a la espalda, mucho más allá de un simple apoyo lumbar (para actividades cotidianas no especializadas), permitiendo alivio de presiones en zonas lumbares y dorsales.

*Dimensión:*

- *Altura mínima: 45 cm.*

**Tabla 13. Altura del Respaldo**

	<p>El respaldo debe ser lo bastante alto como para estabilizar la región lumbar superior. Por encima de este nivel la altura del respaldo depende de las necesidades o preferencias particulares del usuario. En Lesionados medulares cuanto más alta es la lesión necesitarán un respaldo más alto para dar soporte al tronco. También se recomienda un respaldo más alto para dar seguridad al usuario que usa por primera vez una silla de ruedas. Una vez acostumbrado y si su lesión lo permite, tenderá a respaldos más bajos que ofrecen mayor libertad de movimientos del tronco.</p>
---	---

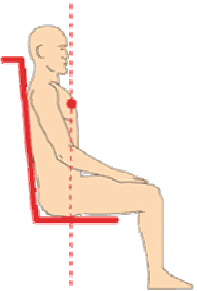
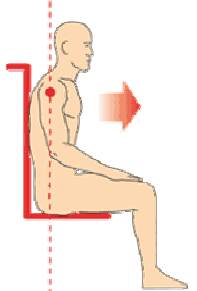
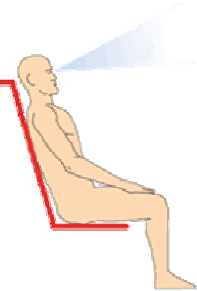
Fuente: SM & Co

**2.1.6 Forma y ángulo del respaldo.** Gran parte de la estabilidad de una silla de ruedas se basa en un respaldo que brinde seguridad usuario, y el ángulo de este puede hacer la diferencia en confort cuando se permanece sentado por largos periodos de tiempo, o en diversas situaciones de frenado.

*Dimensión:*

- *Ángulo: 100°- 150°*

**Tabla 14. Forma y ángulo del respaldo**

	<p>La mayoría de usuarios se sentirán cómodos con un respaldo que dé adecuado soporte a la región lumbar. La forma, junto con un ángulo de inclinación adecuado, proporciona apoyo y equilibrio a la parte superior del cuerpo. El respaldo debe de estar ligeramente reclinado para que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho del usuario ayudándole a mantenerse estable en la silla.</p>
	<p>Un respaldo completamente recto hace que la fuerza de gravedad recaiga en los hombros del usuario por lo que éste tenderá a inclinarse hacia adelante para compensarla.</p>
	<p>Un respaldo demasiado reclinado resulta incómodo porque el usuario ve reducido su campo visual.</p>

Fuente: SM & Co

**2.1.7 Soporte para los brazos.** Es una de las zonas más importantes cuando el usuario es capaz de incorporarse o modificar medianamente su posición, debe poseer texturas que permitan un eficiente agarre sin generar lesiones en una piel.

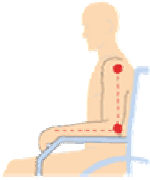
*Dimensiones:*

*Altura desde el asiento: 23 cm.*

*Ancho mínimo: 8 cm.*

*Largo mínimo: 35 cm.*

**Tabla 15. Soporte para los brazos**

	<p>Los reposabrazos procuran descanso a los brazos y músculos del cuello. Cuando se ajustan de manera adecuada, los antebrazos del usuario apoyados deben quedar a 90° del codo. Si los apoyabrazos son demasiado altos, los hombros quedarán forzados hacia arriba, dando lugar a dolores musculares en la zona cervical. Si los apoyabrazos están demasiado bajos, el usuario tenderá a dejarse caer hacia un lado cuando los utilice. Una base de asiento estable puede eliminar la necesidad de apoyabrazos en los usuarios activos.</p>
--	--

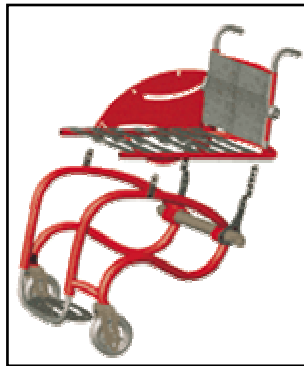
Fuente: SM & Co

## **2.2 TIPOS DE COMPONENTES DE UNA SILLA DE RUEDAS**

Como partes claves de una silla de ruedas, se analizarán los distintos tipos de armazón, ruedas, frenos, reposapiés y reposabrazos, y las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos.

**2.2.1 Chasis.** El chasis de una silla de ruedas puede ser rígido (fijo), o plegable. El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5 - 8% del impulso).

**Figura 2. Chasis**



Fuente: Quicke Company

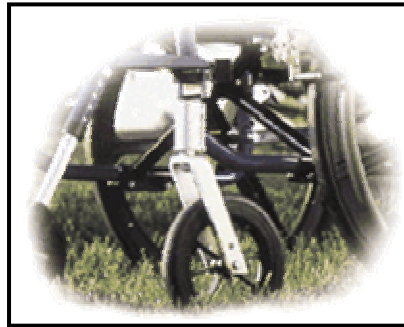
Esto es debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que presenta el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable. Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y al guardar ocupa menos espacio.

- **Material**

La composición del armazón es un factor clave en la funcionalidad de la silla. El acero siendo el más habitual, es el más pesado pero también el más económico. Una silla con armazón de aluminio es mucho más ligera y por lo tanto fácil de propulsar, pero también más costosa. También se pueden encontrar armazones realizados en materiales muy ligeros como titanio y carbono. Se utilizan habitualmente en sillas de armazón rígido y tienen un precio muy elevado.

**2.2.2 Ruedas delanteras.** Pueden ir desde los 75 mm. de diámetro hasta 200 mm.

**Figura 3. Ruedas delanteras**



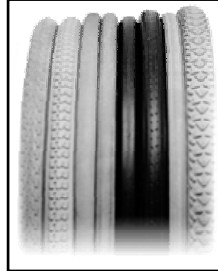
Fuente: Sunrise Medical & Co

A medida que las ruedas delanteras tienen menor diámetro, tendrán mayor facilidad de giro, siendo adecuadas para interiores. Así por ejemplo las de 75 mm. y 125 mm., se recomiendan en sillas para deportes en pista, como el baloncesto.

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelo accidentados, ya que resulta más fácil salvar obstáculos y no se clavan en el terreno

### 2.2.3 Cubiertas.

**Figura 4. Cubiertas**



Fuente: Sunrise Medical & Co

- **Neumáticas:** Son de conducción más cómoda porque amortiguan los accidentes del terreno y presentan un buen agarre en la mayoría de las superficies. Son las más ligeras. Como inconveniente tienen que requieren algo más de fuerza para propulsarlas al ser más blandas y requieren mantenimiento (se pueden pinchar, y hay que inflarlas y vigilar la presión de aire para mantener su rendimiento). Amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento.

- **Sólidas:** Resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento. Ofrecen menor resistencia a rodar, y no requieren mantenimiento, pero son más pesadas y de conducción más rígida al no amortiguar los accidentes del terreno. Presentan peor agarre en superficies mojadas.

- **Inserto sólido:** Son un intermedio entre las sólidas y neumáticas. No requieren mantenimiento, presentan mejor agarre que las sólidas en superficies mojadas, aunque no amortiguan tanto como las neumáticas y pesan algo más que éstas.

#### 2.2.4 Neumáticos.

- **Tubulares:** Muy ligeros, y con mínima resistencia a la rodadura. Inconvenientes: Poca resistencia a pinchazos y elevado mantenimiento. Se utilizan para sillas de deporte en pista como el baloncesto.
- **Alta presión:** Se utilizan en deportes y en sillas de aluminio (activas). Son neumáticos muy ligeros, de alto rendimiento, que al llevar cámara permiten que su reparación sea más económica (sólo se cambia la cámara).
- **Macizos blandos:** Con un peso similar a los neumáticos, presentan menor resistencia a la rodadura que estos. Tienen mayor durabilidad que el inserto sólido y además son más baratos.

#### 2.2.5 Rines y radios.

**Figura 5. Radios de polímero rígido**



Fuente: Sunrise Medical & Co

Apenas requieren mantenimiento, pero pesan más que las ruedas de radios de aluminio.

**Figura 6. Llanta de radios de aluminio**



Fuente: Sunrise Medical & Co

Resulta más ligera que la de plástico, y absorbe mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte.

Para deporte se prefieren los radios rectos, que dan mayor rigidez al conjunto, pero los aros y el carrete deben ser especialmente fuertes.

**2.2.6 Ruedas traseras.** La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro. (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 22" (550mm) o 20" (500mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pié. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 650 mm (26") se utilizan para personas muy altas y para deportes

## 2.2.7 Frenos.



**Tabla 16. Tipos de Frenos**

	<p>Los frenos más comunes son los frenos con zapata. Son de montaje alto (se anclan al tubo que queda por debajo del asiento), y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.</p>
	<p>Para sillas muy ligeras o deportivas se suelen utilizar <b>frenos de tijera</b>. Este tipo de frenos pueden ser de montaje alto o montaje bajo (según se anclen en el tubo superior o inferior del armazón).</p>
	<p><b>Frenos con alargador:</b> El alargador de frenos es un accesorio que se utiliza para facilitar el acceso al freno de usuarios con poca movilidad en los brazos o las manos, y así facilitarles el frenado.</p>
	<p><b>Frenos de tambor:</b> Son frenos que no son activados por el usuario sino por el acompañante. Para ello debe presionar las manetas (tipo frenos de bicicleta) situadas bajo las empuñaduras de la silla. Este tipo de freno es el único que sirve además de para el bloqueo de las ruedas cuando la silla está parada, o para reducir la velocidad de la silla, cuando esté en marcha.</p>

Fuente: Autor del proyecto

**2.2.8 Reposabrazos.** Hay varios tipos de reposabrazos. Pueden ser desmontables, o abatibles hacia atrás. Con distintas longitudes del almohadillado (normal o largo).


**Tabla 17. Reposabrazos**


	<p><b>Ajustables en altura:</b> el almohadillado puede colocarse en varias alturas para ajustarse a las necesidades del usuario.</p>
	<p><b>Tubulares:</b> pesan menos pero tiene superficie de apoyo inferior.</p> <p>Para gente muy activa se suelen eliminar los reposabrazos y colocar unos protectores laterales para impedir que las ruedas ensucien la ropa al salpicar.</p>

Fuente: Autor del proyecto

**2.2.9 Plataformas.** Pueden ser fijas o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores, es mejor que sean desmontables. Si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos

**Tabla 18. Plataformas**

	<p><b>Ajustables:</b> Elevan el conjunto de la pierna, para adoptar posturas más cómodas. Se utilizan mucho en sillas con respaldo reclinable.</p>
---	--

	<p>Las plataformas de reposapiés son normalmente de composite. Pueden ser dobles o bien una plataforma única, con o sin cintas taloneras. Normalmente el ángulo entre el reposapiés y las plataformas es de 90°, pero hay plataformas que tienen la posibilidad de regular este ángulo, para adaptarse a necesidades concretas de algunos usuarios.</p>
---	---

Fuente: SM & Co

### 2.3 ANTROPOMETRÍA APLICADA AL DISEÑO DE SDR

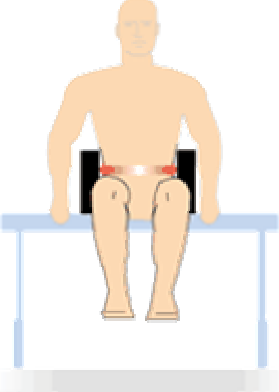
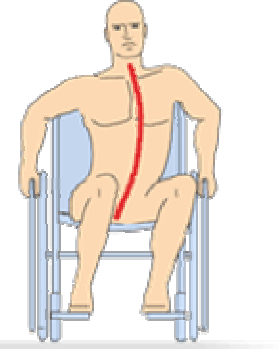
Debido a la necesidad de generar un gran soporte en cada uno de los usuarios, es necesario pensar en una definición concreta de las dimensiones esenciales, que permiten el máximo confort en la posición sedente, esto debido a los prolongados períodos de tiempo que el usuario promedio pasa sobre su silla de ruedas (SDR); no considerar cuidadosamente estas dimensiones puede causar lesiones extra a nivel óseo, muscular, piel y diversos órganos<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Panero y Zelnick

**2.3.1 Anchura pélvica.** Medida que se corresponde en equipamiento a la anchura de asiento de la silla.

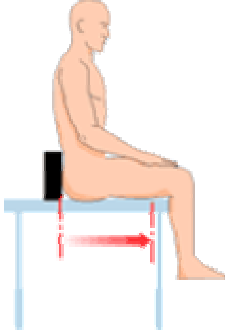
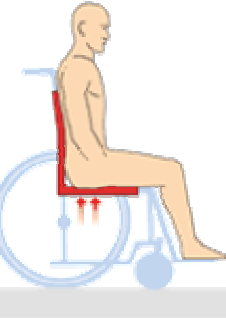
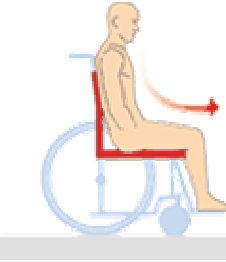
**Tabla 19. Anchura Pélvica**

	<p>Equivale a la máxima anchura de las caderas en el punto más ancho de las mismas.</p> <p><i>(Dimensión: 31,2 cm)</i></p> <p>Si se sobredimensiona el usuario oscilará de lado a lado ocasionando una posición completamente asimétrica derivando en lesiones de la columna vertebral. Por el contrario, si la distancia es menor a la requerida se producen escaras y laceraciones en la piel.</p>
	<p><b>Riesgo:</b></p> <p><b>Posición pélvica y estabilidad.</b> Un asiento demasiado ancho provocará un aumento del riesgo de oblicuidad pélvica.</p>

Fuente: Autor del proyecto

**2.3.2 Longitud del muslo.** Medida que se corresponde con la profundidad del asiento.

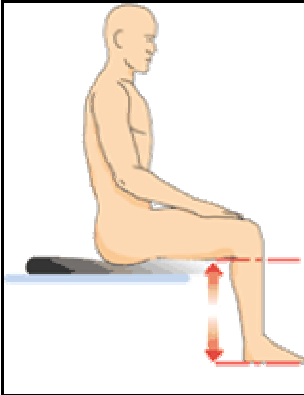
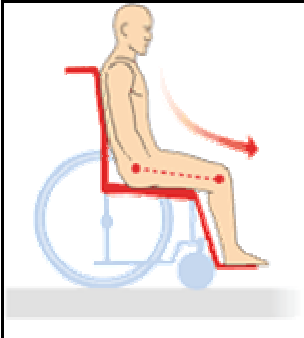
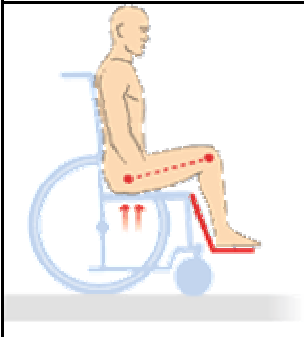
**Tabla 20. Longitud de muslo**

	<p>Máxima distancia entre la zona más tangencial de las nalgas y la zona posterior de la rodilla (Poplíteo).</p> <p><i>(Dimensión 43.2 cm.)</i></p>
	<p><b>Riesgo:</b></p> <p><b>Distribución de la presión.</b> A menor superficie de apoyo, existe una deficiente distribución del peso y una difícil maniobrabilidad.</p> <p>Si el asiento es demasiado corto, la mayor distribución del peso recaerá en la zona de riesgo de escaras (tuberosidades isquiáticas y coxis).</p>
	<p>Por el contrario, si el asiento es demasiado largo, el paciente sufrirá rozamiento en la flexura de la rodilla y para evitarlo se deslizará sobre la superficie del asiento, además de producir isquemia por compresión en la zona posterior de la rótula.</p>

Fuente: Autor del proyecto

**2.3.3 Longitud de la pantorrilla.** Medida que corresponde con la altura del reposapiés.

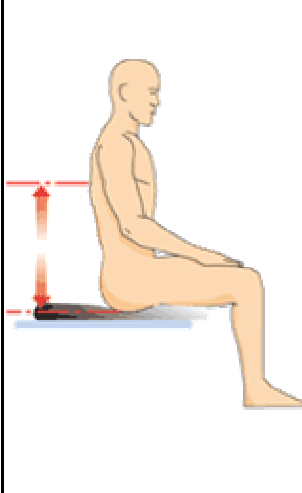
**Tabla 21. Longitud de pantorrilla**

	<p>Equivale a la distancia desde la flexión de la rodilla hasta la zona de apoyo del talón, con el tobillo en flexión. Hay que considerar cualquier aparato o ayuda que normalmente utilice el individuo.</p> <p><i>(Dimensión: 37.8 cm.)</i></p>
	<p><b>Riesgos:</b></p> <p><b>Posición pélvica y estabilidad:</b> Si los reposapiés están demasiado largos, provocan una hiperextensión de la articulación de la rótula, provocando una retroversión pélvica.</p>
	<p>Si los reposapiés están demasiado cortos, el paciente no apoyaría los muslos y el peso estaría concentrado en la zona de riesgo de escaras (tuberosidades isquiáticas y cóccix).</p>

Fuente: SM & Co

**2.3.4 Altura inferior de la escápula.** Medida que corresponde con la altura del respaldo en un paciente con control normal de tronco.

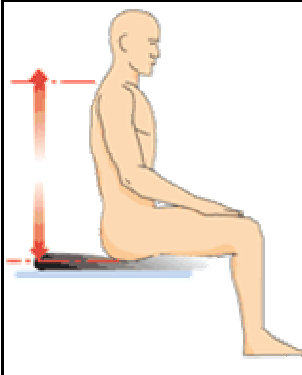
**Tabla 22. Altura inferior de la escápula**

	<p>La altura máxima del respaldo debe quedar 2,5 cm. por debajo de la escápula.</p> <p><i>(Dimensión: 40.5 cm.)</i></p> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible punto de presión.</li> <li>- La necesidad de soportes torácicos (laterales) y/o lumbares (posteriores)</li> <li>- Estabilidad y/o movilidad del tronco.</li> </ul>
---	--

Fuente: SM & Co

**2.3.5 Altura del hombro.** Medida que corresponde con la altura del respaldo en un paciente con poco control de tronco.

**Tabla 23. Altura de Hombro**

	<p>Equivale a la distancia del plano del asiento a la altura del hombro.</p> <p><i>(Dimensión: 54.2 cm.)</i></p> <p><b>Riesgos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La estabilidad escapular y movilidad.</li> <li>• El soporte torácico y lumbar.</li> <li>• El control de cabeza.</li> </ul>
---	---

Fuente: SM & Co

## 2.4 ERGONOMÍA COMPLEMENTARIA

**2.4.1 Antropometría general.** En términos de estructura física del cuerpo, las posibles limitaciones para un trabajo eficiente del sistema hombre-objeto residen en la capacidad de la persona para utilizar el cuerpo de manera adecuada en una situación de discapacidad.

En este sentido la antropometría aporta los datos necesarios para adaptar el objeto al individuo con el fin de diseñar un sistema que apoye las capacidades físicas de la persona, en cuanto a tipo de mandos, tamaño y ubicación de los mismos, ya que el alcance, la velocidad, la precisión y la fuerza del movimiento dependen de la parte del cuerpo utilizada<sup>9</sup>.

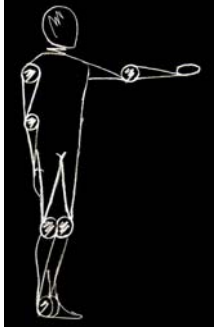


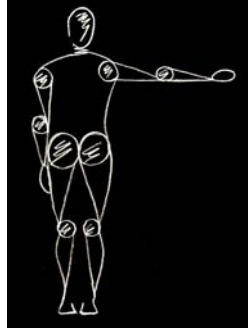
La imposibilidad de diseñar para toda la población obliga a escoger un segmento que comprenda la zona media. Por consiguiente suelen omitirse los extremos y ocuparse del 90% de la población, atendándose en la mayoría de los diseños a las medidas que se hallan entre los percentiles 5 y 95.

Las dimensiones funcionales, estructurales y el radio de giro alternativo de las sillas de ruedas se indican en las figuras 7, 8 y 9 respectivamente.

---

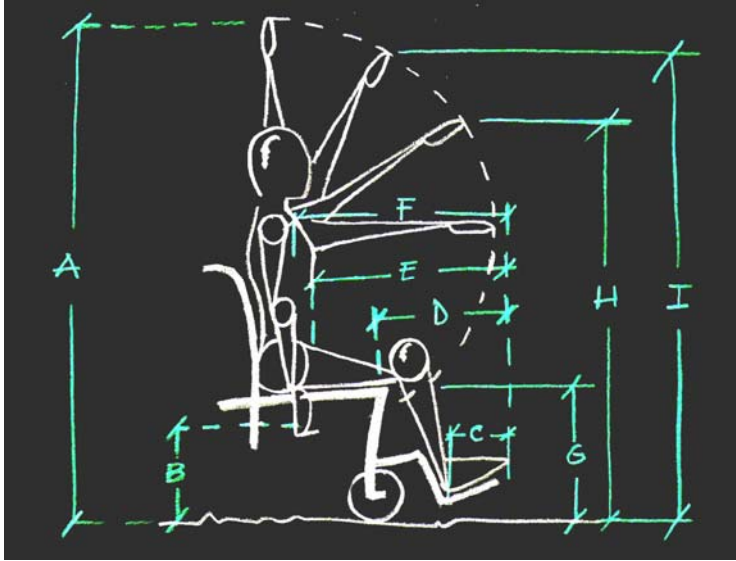
<sup>9</sup> NORMA NTP 226. Organes de commande: l'ergonomie de leur et accessibilité Ergonomic design and accessibility of controls... Redacción Clotilde Nogareda Cuixart

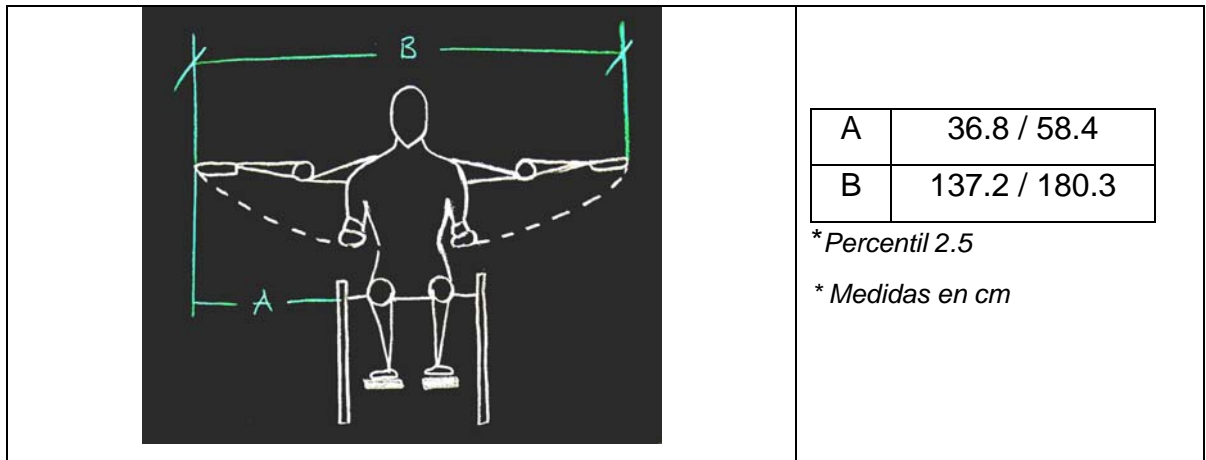
**Figura 7. Dimensiones funcionales del cuerpo humano**

Alcance Punta de mano extendida	Longitud Glúteo-Talón	Longitud Glúteo-Punta del Pie	Alcance Lateral de Brazo
			
<i>Perc. 5 = 75.9</i>	<i>Perc. 5 = 86.4</i>	<i>Perc. 5 = 68.6</i>	<i>Perc. 5 = 68.6</i>
<i>Perc. 95 = 97.3</i>	<i>Perc. 95 = 117.1</i>	<i>Perc. 95 = 94.0</i>	<i>Perc. 95 = 86.4</i>

Fuente: Autor del Proyecto

**Figura 8. Dimensiones estructurales del cuerpo humano**

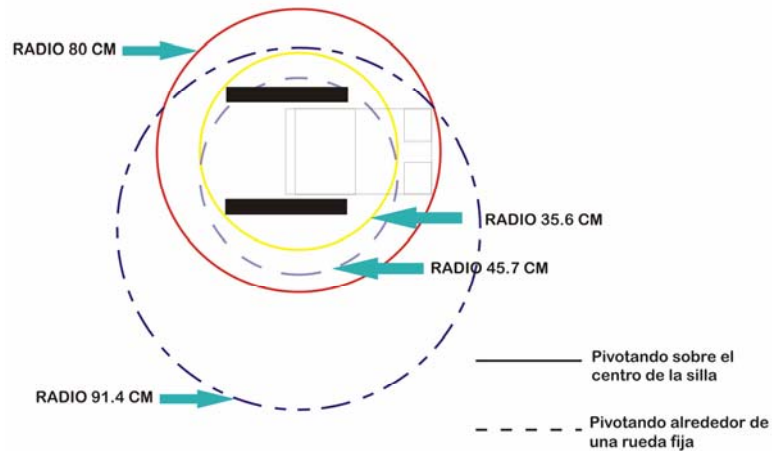
	A	144.1 / 158.1
	B	41.3 / 44.5
	C	22.2 / 17.8
	D	47.0 / 41.9
	E	65.4 / 58.4
	F	73.0 / 66.0
	G	48.3 / 48.3
	H	130.8 / 119.4
	I	148.0 / 135.2



Fuente: Basado en datos obtenidos por Panero y Zelnik.

Los datos de alcance corresponden al percentil 2.5 a fin de acomodar a los usuarios de menor tamaño corporal.<sup>10</sup>

**Figura 9. Radio de giro alternativo**



Fuente: Panero y Zelnik. Dimensiones humanas en espacios interiores

<sup>10</sup> Panero y Zelnik. Dimensiones humanas en espacios interiores, según figuras y datos adaptados de Designing for de Disable de Goldsmith.

**2.4.2 Cuerpo humano. Porcentajes y pesos.** Para el diseño de los elementos estructurales y de tapizado, es necesario conocer qué cantidad de peso puede traducirse en una fuerza que genera un esfuerzo sobre toda la estructura y cada uno los elementos; a continuación se enunciarán las partes principales del cuerpo humano su peso y porcentajes representativos.

Porcentajes de peso de las partes del cuerpo humano

**Tabla 24. Distribución porcentual del peso del cuerpo**

ZONA DEL CUERPO	PORCENTAJE
Cabeza	6-8%
Tronco	40-46%
Piernas	30-36%
Pies	3-4%
Brazos	10-12%
Manos	1-2%

Fuente: CRONEY John, Antropometría para diseñadores

**2.4.3 La postura sedente.** Cuando un usuario utiliza la silla de ruedas busca un elemento que pueda proporcionarle soporte y descanso, cumpliendo las siguientes condiciones:

- La silla debe estar concebida para un uso extenso, es decir que sobre ella va a descansar el peso promedio del paciente durante un período superior a las ocho horas diarias. Por tal motivo el nivel de confort debe estar directamente relacionado con la calidad de los materiales empleados, las variaciones dimensionales propias de cada paciente y las características mecánicas del producto.

- Las consideraciones ergonómicas deben garantizar al paciente un acople ideal con la morfología del producto, toda vez que no se desea generar lesiones extra sobre el usuario, debido a incorrectas decisiones de diseño.
- La funcionalidad debe considerarse siempre teniendo en cuenta la actividad realizada por el usuario buscando un producto acorde con sus necesidades particulares.

La postura se define como “una posición en la cual una proporción considerable del peso corporal se transfiere a una superficie de apoyo: el asiento. Dependiendo de la silla y la postura adoptada otra parte del peso total se transfiere al piso, respaldo y reposabrazos”<sup>11</sup>.

### **Ventajas de la Postura Sedente**

- Se aminora la carga estática y la dinámica prácticamente queda anulada, supeditada únicamente por rotaciones del tronco o por el movimiento esporádico de otras articulaciones.
- Alivio prolongado de la carga soportada por las extremidades inferiores.
- La resistencia al flujo sanguíneo se ve favorecida debido a la disminución de la presión hidrostática gracias al cambio en la posición.
- Si se logra un apoyo adecuado es posible realizar trabajos de precisión con las extremidades superiores sin aumentar el stress estático sobre la espina dorsal.

### **Desventajas de la Postura Sedente**

- La capacidad para realizar trabajos exigentes físicamente, se ve disminuida por la carencia de puntos de apoyo que permitan mantener en equilibrio en el sistema acción-reacción.

---

<sup>11</sup> GUIA DE DISEÑO DE MOBILIARIO URBANO ERGONÓMICO

- Los efectos de la trepidación no permiten llevar a cabo tareas de precisión, además de generar problemas en los riñones o otras zonas del cuerpo del paciente.

La exposición prolongada a una posición sedente inmodificable, genera presiones excesivas sobre los muslos y las tuberosidades isquiáticas, lo cual deriva en lesiones de piel, musculares o del sistema óseo

**2.4.3.1 Biomecánica de la postura sedente.** Para que la posición sedente pueda configurarse correctamente la cadera debe realizar una rotación simultáneamente con la pelvis, de esta forma los muslos y el tronco pueden quedar perpendiculares y si el tronco está erguido, es posible lograr una posición de confort, en la cual la presión intradiscal es reducida y la espina dorsal puede soportarla dentro de los límites permisibles.

Sin embargo, la columna vertebral para compensar la rotación de la cadera realiza una flexión del raquis lumbar logrando progresivamente la posición ergonómica o lordótica (siempre y cuando se contraigan los músculos indicados), por este motivo la silla que soporta al usuario debe provocar la situación de lordosis, sin generar esfuerzos extra en la espalda del usuario.

Por el contrario, la situación de Cifosis se da cuando la concavidad de la zona lumbar erguida es inexistente y los ligamentos posteriores de las vértebras hacen su máximo esfuerzo, en esta situación la presión interdiscal aumenta, así como los procesos de respiración y digestión se dificultan.

La posición erguida o lordótica es apreciable con la doble curvatura de la espina dorsal, cóncavo a nivel lumbar y convexo a nivel dorsal. Por lo tanto el diseño ergonómico de la silla debe favorecer un cierto grado de lordosis sin generar

esfuerzos extra nivel muscular; todo ello considerado bajo la antropometría del paciente y la condición especial a la que esté sometido.

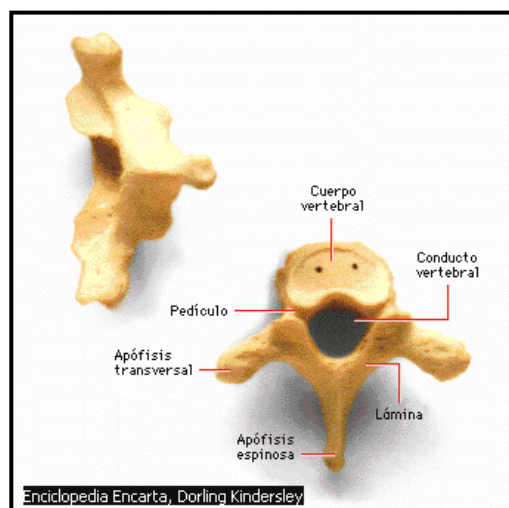
#### 2.4.3.2 Fisiología de la espina dorsal.

- **Definición.** Estructura de hueso o cartílago que rodea y protege la médula espinal en los animales vertebrados. También recibe el nombre de raquis o espina dorsal.

**Anatomía.** En el tórax se articulan 12 vértebras torácicas, la mayor parte de las cuales están relacionadas con sus correspondientes costillas formando, en su conjunto, la denominada caja torácica. Las vértebras de la zona lumbar son más grandes y robustas que las de la parte superior, debido a que tienen que soportar un peso mayor. Estas estructuras tienen, en su superficie, protuberancias y agujeros mediante los cuales se encajan las vértebras vecinas.

Las dos primeras vértebras superiores de la columna vertebral están especializadas para dotar a la cabeza de una gama de movimientos más amplia que la que se lograría con vértebras normales. Una articulación rotulada estabiliza su ensamble, que se adapta tanto a movimientos laterales como verticales.

**Figura 10. Anatomía.**



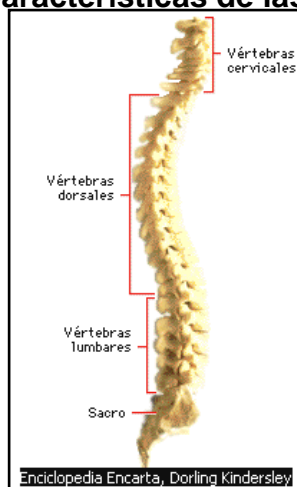
Fuente: Encarta 2005

En el ser humano, la columna vertebral está formada por 33 o 34 vértebras: 7 cervicales en el cuello; 12 torácicas o dorsales en la región del tórax, a las que se unen doce pares de costillas; 5 lumbares en la zona baja de la espalda; 5 sacras fusionadas que forman un hueso sólido (sacro), que encaja como una cuña entre los huesos de la pelvis; y un número variable (de 4 a 5) de vértebras coccígeas fusionadas por debajo del sacro formando el coxis.

Aunque el movimiento de una vértebra con respecto a la siguiente es pequeño, la columna vertebral humana en su conjunto es una cadena flexible, que nos permite tocar los dedos de nuestro pie. Su forma exclusiva en S, centra el peso de nuestro cuerpo sobre los pies, y así se evita la caída.

- **Características de las vértebras.** La mayoría de las vértebras individuales tienen una forma similar a un anillo. El cuerpo vertebral o porción gruesa del anillo está ubicado hacia adelante. Entre una vértebra y la siguiente hay un grueso disco fibroso de cartílago, denominado disco intervertebral, que forma la articulación principal entre los cuerpos de dos vértebras adyacentes. Sin embargo, las vértebras también se mueven entre sí en otras articulaciones pequeñas.

**Figura 11. Características de las vértebras.**

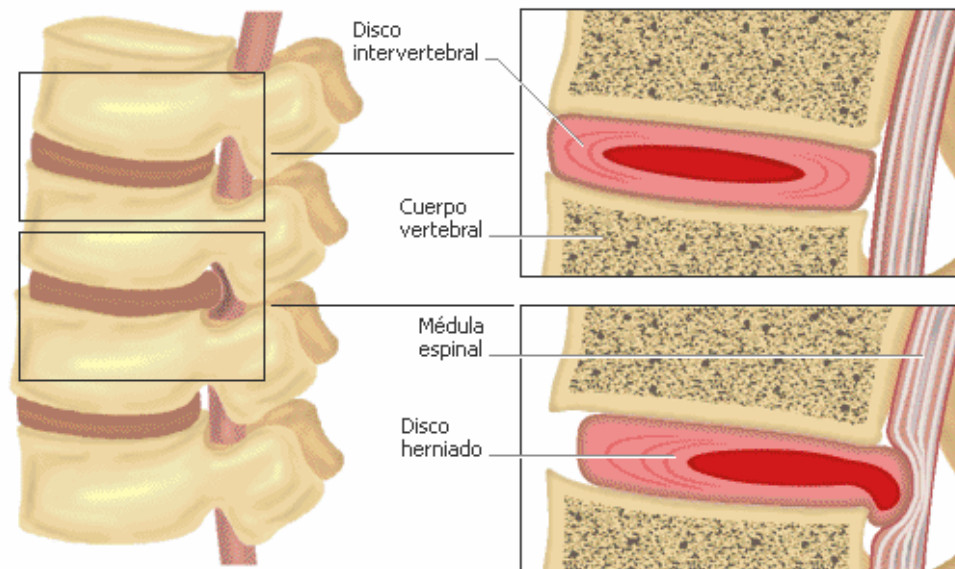


Fuente: Encarta 2005

Las vértebras de cada región de la columna vertebral tienen características propias. En las vértebras cervicales superiores las apófisis transversas presentan un agujero para el paso de la arteria vertebral. Las apófisis espinosas de estas vértebras son muy cortas. Las dos primeras vértebras cervicales tienen una forma muy diferente a las otras. La primera vértebra cervical, o atlas, no tiene cuerpo vertebral, sino un arco óseo que presenta una depresión. Las apófisis articulares superiores de la segunda vértebra cervical o axis se articulan con los cóndilos (proyecciones circulares de hueso) occipitales del cráneo. El axis tiene una proyección en la cima de su cuerpo que se ajusta como un pivote a una depresión localizada en la vértebra atlas. Las apófisis transversas de las vértebras torácicas tienen superficies articulares para las costillas mientras que las apófisis espinosas son largas, se proyectan hacia abajo, y se superponen entre sí. Las vértebras lumbares tienen cuerpos pesados y grandes, y las apófisis transversas y espinosas son más pequeñas.

– **Anomalías y Enfermedades.**

**Figura 12. Anomalías y Enfermedades.**



Enciclopedia Encarta, © Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

- **Hernia discal:** En la hernia o prolapso discal, el disco intervertebral se desplaza de su posición; la consiguiente presión sobre las fibras nerviosas provoca dolores intensos.

En los seres humanos son frecuentes las curvas patológicas de la columna vertebral. Pueden aparecer por debilidad de los ligamentos, enfermedades o anomalías congénitas de la columna vertebral y por lesiones o contracturas de los músculos de la espalda.

- **Alteraciones de las curvas de la espina dorsal:** Las anomalías de las curvas vertebrales pueden ser de diversos tipos: En el plano lateral se puede configurar la escoliosis (curvatura lateral de la espina dorsal), que se acompaña generalmente de rotación vertebral y puede ser única o múltiple (dos curvas); y en el plano frontal, las cifosis (convexidad dorsal) y lordosis (concavidad dorsal). La mayoría de estas alteraciones son idiopáticas (de causa desconocida), o se deben a alteraciones neuromusculares por infecciones como la tuberculosis, trastornos del crecimiento u osteoporosis. El síntoma más frecuente es la asimetría, la existencia de una curva o incluso de una prominencia (joroba) y dolor en la región afectada, aunque en algunas ocasiones no aparecen síntomas.

El tratamiento depende de la gravedad del trastorno. Los casos con deformidad leve sólo requieren observación y, en ocasiones un programa de ejercicios específicos y medidas higiénico-posturales. En los casos moderados se puede intentar controlar la deformidad con corsé y fisioterapia. Los casos más graves requieren cirugía, que consiste en la artrodesis (fusión de unas vértebras con otras) para limitar la movilidad y el dolor; para ello se realiza un injerto óseo e

implante de material de osteosíntesis para mantener la corrección de la deformidad.<sup>12</sup>

**2.4.4 Tipos de mandos.** Para maniobrar una silla de ruedas no solo es esencial que el usuario conozca cada una de las funciones sino que su interacción sea completa, entendido esto como una correcta utilización de cada uno de los elementos que componen el control, es decir que la interfase se complete exitosamente; teniendo en cuenta los factores ergonómicos que intervienen en la acción. Para complementar lo anterior se enunciarán las formas de control más comunes, sus aplicaciones e implementación, teniendo un argumento de soporte en la toma de decisiones de diseño.

Según su función podemos clasificar los mandos a partir del siguiente esquema:

**Tabla 25. Tipos de mandos y accionamientos**

TIPO DE CONTROL	ACCIONAMIENTO PUNTUAL			ACCIONAMIENTO CONTINUO	
	ACTIVACION	ENTRADA DE DATOS	SELECCION	SELECCION CONTINUA (Cuantitativa)	CONTROL CONTINUO
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Interruptor de palanca	Bueno, pero propenso a activación accidental.	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse sus posiciones.	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Sólo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Buena
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Buena	No aplicable	Buena	Buena	Buena
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el Trabajo. España. Norma NTP226

<sup>12</sup> Encarta 2005. Palabra Clave: Espina Dorsal

En general, se puede deducir que para la activación de funciones especiales como el encendido, aceleración y frenado podrían tener dos modos de operación:

- Mandos que exigen un esfuerzo muscular reducido, accionados fácilmente con los dedos (botones, teclas, interruptores).
- Mandos que exigen cierto esfuerzo muscular, haciendo intervenir grupos importantes de los músculos de brazos y piernas (palancas, manivelas, y volantes)

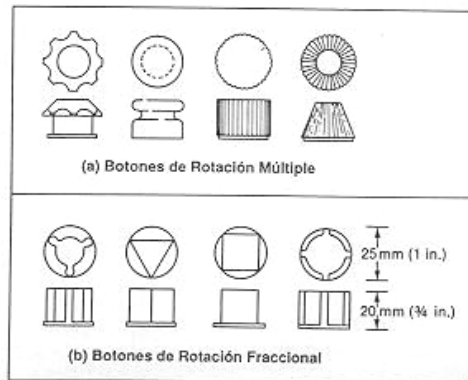
Estas dos variables: Acción Requerida y Función del Mando, determinarán el mando a utilizar así como el tamaño y dimensiones del mismo, que evidentemente deberán corresponderse con los datos antropométricos de los miembros del cuerpo a utilizar.

Los mandos, y las herramientas en general, están diseñados para personas con predominio de la mano derecha, por lo que las personas zurdas pueden encontrar dificultades en su manejo, lo que puede llevar a un estado de fatiga. La solución a este problema no es fácil, pues estriba en la posibilidad de adaptar el control a usuarios zurdos. Ello exigiría, reconsiderar la forma de los mandos y la dirección de los movimientos y prever una versión para diestros y una para zurdos. En estos casos, sin embargo, es crucial valorar los requerimientos de la tarea y las consecuencias de los posibles errores de forma que el mando pueda adaptarse lo máximo posible a las capacidades del individuo.

**2.4.4.1 Diferenciación de los mandos.** Los cuadros de control suelen estar provistos de numerosos mandos, cada uno de los cuales cumple una función distinta. Es importante que los mandos puedan ser identificados y diferenciados sin dificultad. Para ello existen distintos criterios:

La estructura o el material; la textura del material empleado o del mando (liso, estriado, rugoso) puede ayudar a identificarlo, especialmente cuando una operación se realiza sin visualizar en el mando.

**Figura 13. Mandos según su estructura**



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el Trabajo. España. Norma NTP226






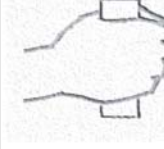
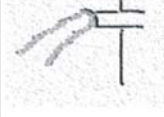

- El color está indicado cuando se encuentra en el campo visual; si la iluminación es tenue deberá disponerse de iluminación localizada.
- El tamaño da información visual y táctil aunque generalmente, por sí mismo, no es tan fiable como la forma o el color. La diferencia de tamaño debe notarse fácilmente, lo que puede derivar en un tamaño inadecuado para el movimiento requerido.

**2.4.4.2 Disposición de los mandos.** Además del diseño de los controles hay que prestar especial atención a su disposición. En ella además de la estética deberán prevalecer criterios de seguridad, confort, separación entre mandos para evitar errores (seguridad del sistema), medidas antropométricas, etc.

Hay que tener en cuenta:

- El diseño del espacio del control para la visualización y operación
- La posición de los controles
- Los factores humanos en la realización de la tarea

**Tabla 26. Disposición de los mandos**

TIPO DE CONTROL	TAMAÑO	CARGA	GRAFICO
*Pequeños. Permiten operaciones delicadas y ajustes precisos.	D. 1 ½" (38-51 mm)	Cargas leves	
*manecilla agarre de pinza gruesa	D. 2" (51 mm)	2 a 8 lbs (0,9 a 3,63 kg.	
*manecillas que requieren movimiento de la muñeca.	D. 3"(51mm)	2 a 8 lbs. (0,9 a 3,63 kg.)	
*manecillas con mayores valores de impulso de rotación.	D. 10" a 12" (254 / 305 mm)		
*Control de botón pequeño, agarre de pinza fina.	D. 3/8" a 5/8 " (9 a 16 mm)	1 a 1 ½ lbs (0,45 a 0,68 kg.)	
Empuñadura de mano.	D. 1 ¾" (44 mm)	30 lbs. (13,6 kg.)	
Botón de empuje simple (digital).		1 ½ a 2 lbs (0,68 a 0.9 kg.)	
Interruptor de palanca.	A. 1" a 2" (25 a 51 mm)	½ lbs (0.23 kg.)	

Fuente: CRONEY John, Antropometría para diseñadores

### **3. ESTRATEGIAS PARA EL DISEÑO DEL PRODUCTO**

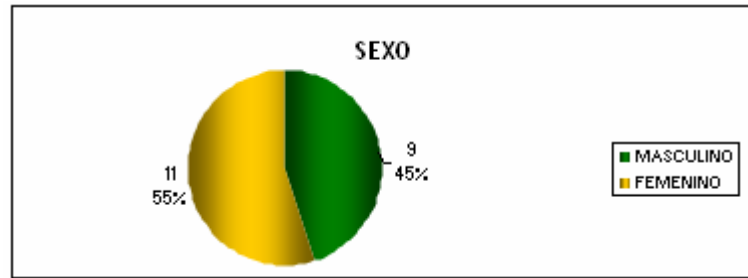
Para la generación de las alternativas de diseño es necesario conocer específicamente las necesidades del usuario; para lograr abarcar la generalidad se ha dispuesto una serie de actividades previas que permiten un acercamiento con el usuario real. En el desarrollo del proyecto, se realizaron dichas actividades en un orden sucesivo y concluyente; el procedimiento se enuncia a continuación.

#### **3.1 ENTREVISTAS PREVIAS**

Se formuló un cuestionario que pudiese aplicarse a todos los usuarios de sillas de ruedas en un ambiente determinado, para este caso se realizó un convenio entre el Asilo San Antonio y la empresa IN SIGHT LTDA que actúa como uno de los patrocinadores del proyecto; por medio de este acuerdo se autorizó el ingreso a la institución y posteriormente se seleccionó una muestra representativa para aplicar los cuestionarios a cada persona en el modo de entrevista personalizada (Ver Anexo B). A continuación se recolectaron los datos y se tabularon para obtener las primeras conclusiones acerca de las falencias y fortalezas de los productos actuales.

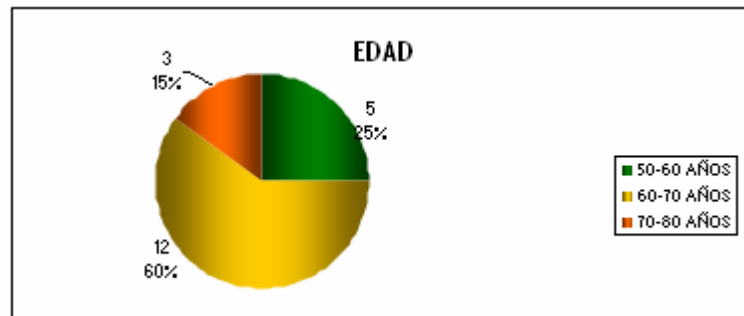
A continuación se enuncian los resultados:

**Figura 14. Resultados. Pregunta N° 2**



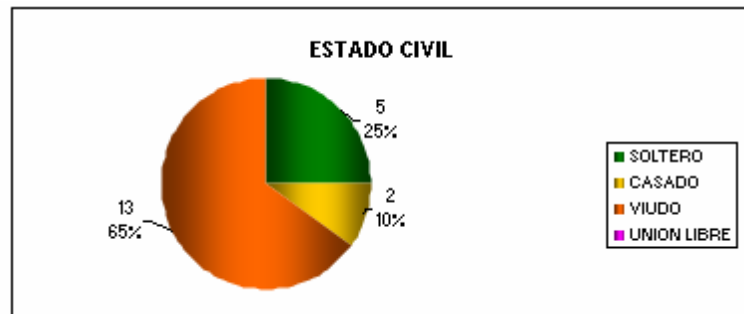
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 15. Resultados. Pregunta N° 3**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 16. Resultados. Pregunta N° 7**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 17. Resultados. Pregunta N° 9**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 18. Resultados. Pregunta N° 10**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 19. Resultados. Pregunta N° 11**



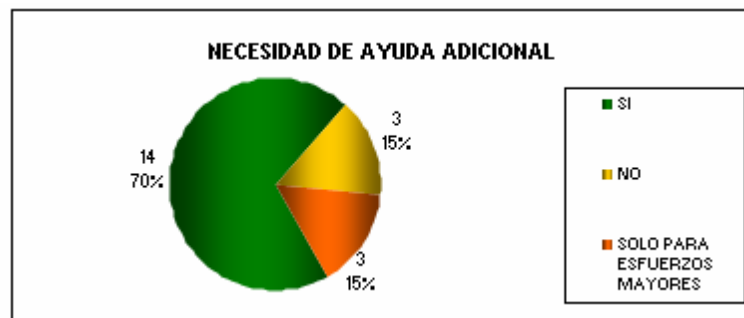
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 20. Resultados. Pregunta Nº 12**



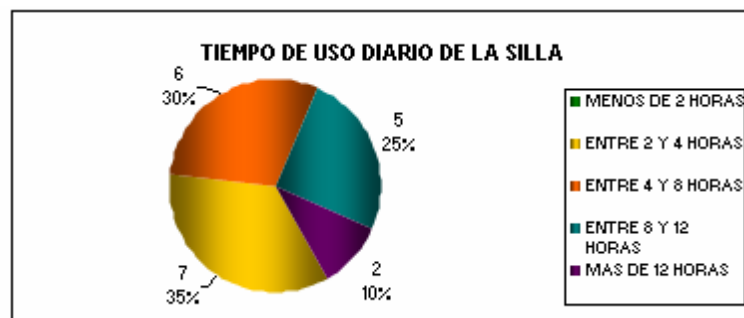
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 21. Resultados. Pregunta Nº 13**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 22. Resultados. Pregunta Nº 14**



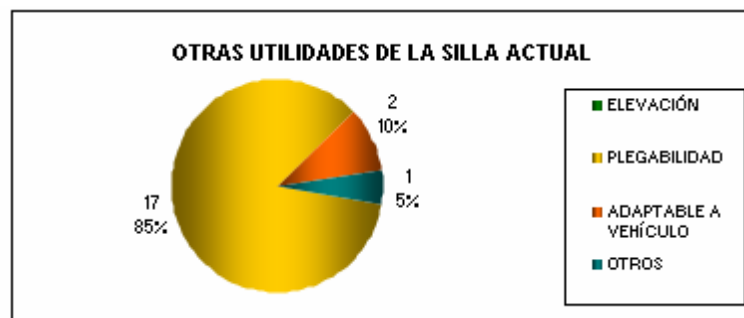
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 23 Resultados. Pregunta Nº 15**



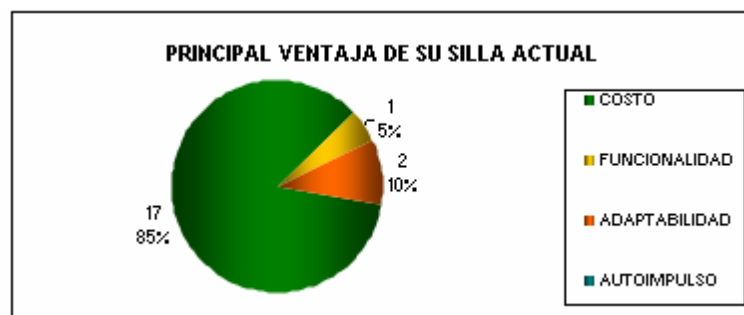
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 24 Resultados. Pregunta Nº 16**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 25. Resultados. Pregunta Nº 17**



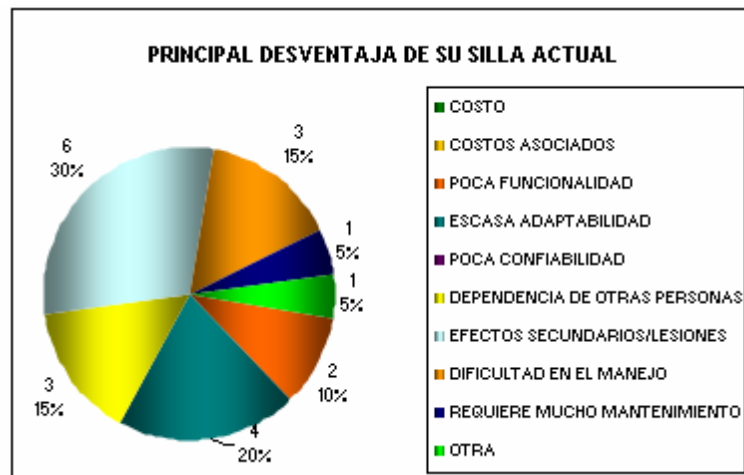
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 26. Resultados. Pregunta N° 18**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 27. Resultados. Pregunta N° 19**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 28. Resultados. Pregunta N° 20**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 29. Resultados. Pregunta N° 21**



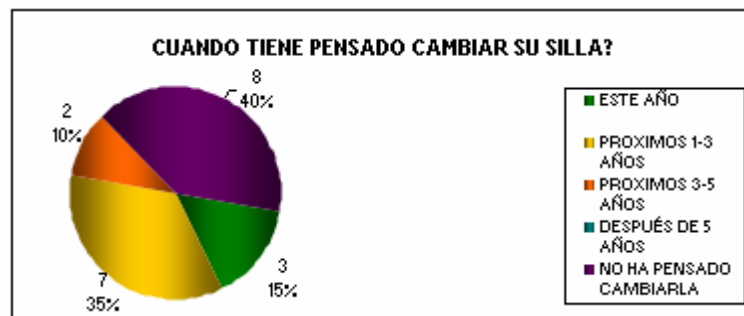
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 30. Resultados. Pregunta N° 22**



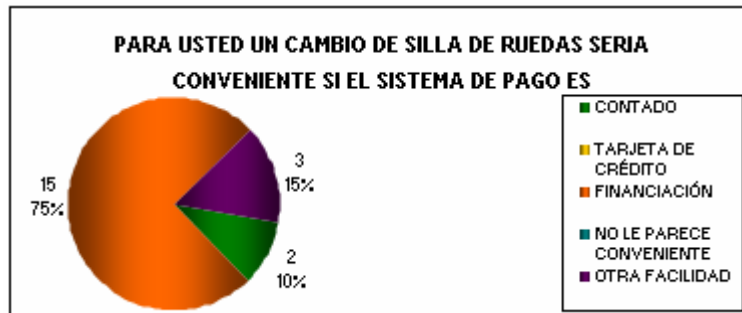
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 31. Resultados. Pregunta N° 23**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 32. Resultados. Pregunta N° 24**



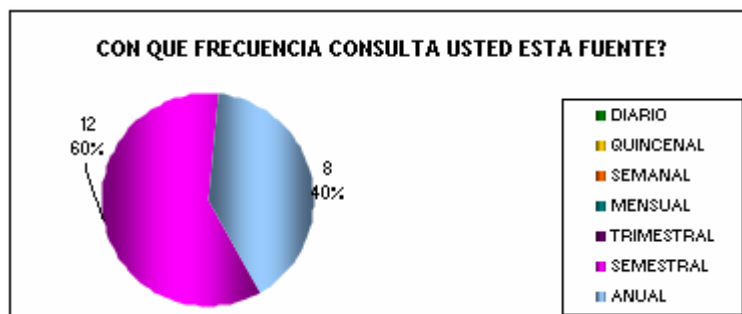
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 33. Resultados. Pregunta N° 25**



Fuente: Autor del proyecto

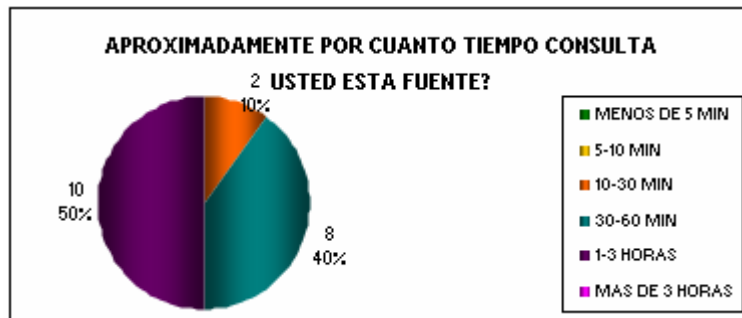
**Figura 34. Resultados. Pregunta N° 26**



Fuente: Autor del proyecto

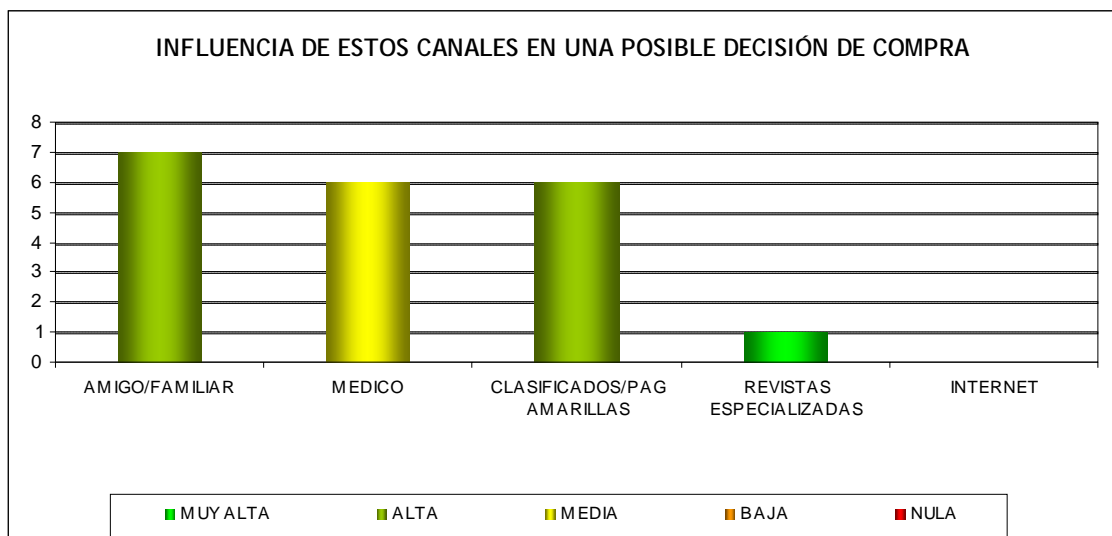


**Figura 35. Resultados. Pregunta N° 27**



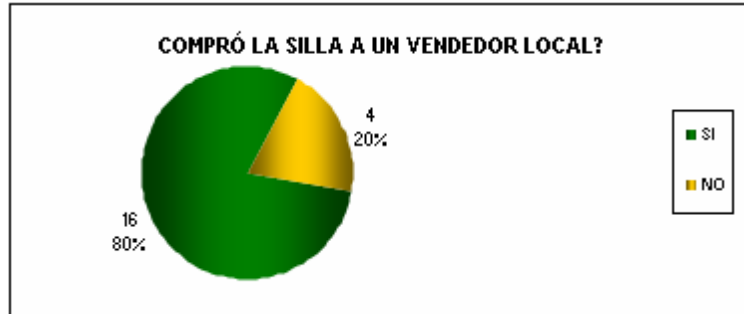
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 36. Resultados. Pregunta N° 28**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 37. Resultados. Pregunta N° 30**



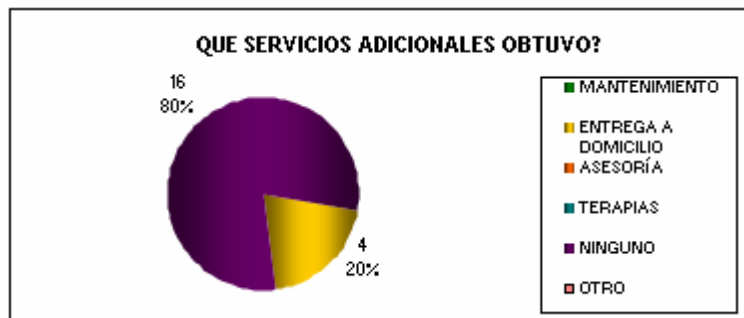
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 38. Resultados. Pregunta N° 31**



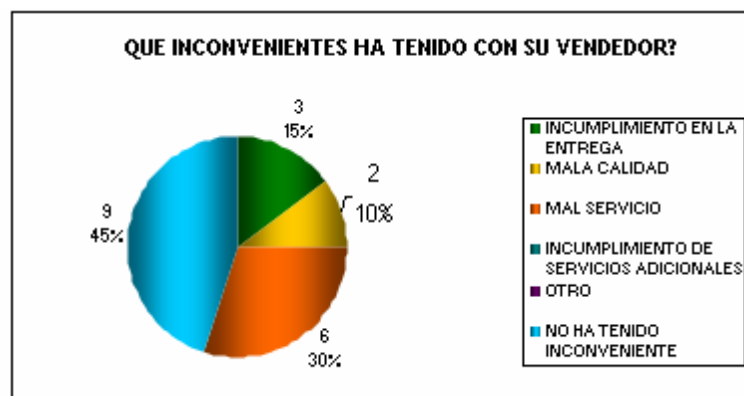
Fuente: Autor del proyecto

**Figura 39. Resultados. Pregunta N° 32**



Fuente: Autor del proyecto

**Figura 40. Resultados. Pregunta N° 33**



Fuente: Autor del proyecto

### 3.2 SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Debido a la naturaleza del proyecto se han escogido dos técnicas para el desarrollo del producto, inicialmente se aplicará la técnica del *Despliegue de la función de calidad*, con el objetivo de clarificar los objetivos de diseño y hacer de ellos una fuerte herramienta para la consecución de los objetivos finales, y posteriormente se implementará la *Matriz de contradicciones*, técnica empleada ampliamente en la resolución de problemas de diseño, en la generación de productos

**3.2.1 Despliegue de la función de calidad (QFD).** El despliegue de la función de calidad (*Quality Function Deployment*) es un proceso que pretende captar las demandas del mercado para luego convertirlas en los objetivos de diseño, teniéndolos en cuenta a lo largo de todo el proceso. La "voz del cliente" es uno de los aspectos más trascendentales para la implementación de esta herramienta, pues se capta directamente desde el consumidor un lenguaje cotidiano y posteriormente, se traduce como un lineamiento en la generación de la alternativa final.

"El QFD es un método para desarrollar una calidad de diseño dirigida a la satisfacción del consumidor y luego traducir la demanda del consumidor en objetivos de diseño y elementos de control de la calidad, para ser empleados en todos los pasos de la fase de producción. El QFD es un modo asegurar la calidad de diseño mientras el producto está todavía en la etapa de diseño". (Akao, 1990)

Este método puede aplicarse a las situaciones de rediseño de productos o para nuevos productos; el diseño de una silla de ruedas autopropulsada no es un escenario desconocido para el diseñador, por este motivo se aplicará como rediseño de un elemento para movilización, basado en una tecnología ya existente pero de acuerdo a las necesidades del cliente en un contexto local. Se aplicará la primera matriz (Que vs. Como) con el objetivo planificar el producto generando parámetros fuertes que permitan argumentar las posteriores decisiones de diseño. (Las matrices de planificación de piezas, planificación de proceso y control de calidad no se considerarán en el desarrollo éste proyecto, debido a que su enfoque es netamente empresarial).

Para la aplicación correcta este método es necesario seguir el procedimiento que se enuncia continuación:

1. *Captar las demandas del cliente.*
2. *Estructuración de las demandas*
3. *Priorización de las demandas.*
4. *Evaluación del cliente*
5. *Elaboración de la lista de parámetros técnicos*
6. *Elaboración de la matriz de relaciones (casa de la calidad)*

A continuación se muestra la estructuración de las demandas, posterior a la recolección de datos acerca de las demandas del cliente.

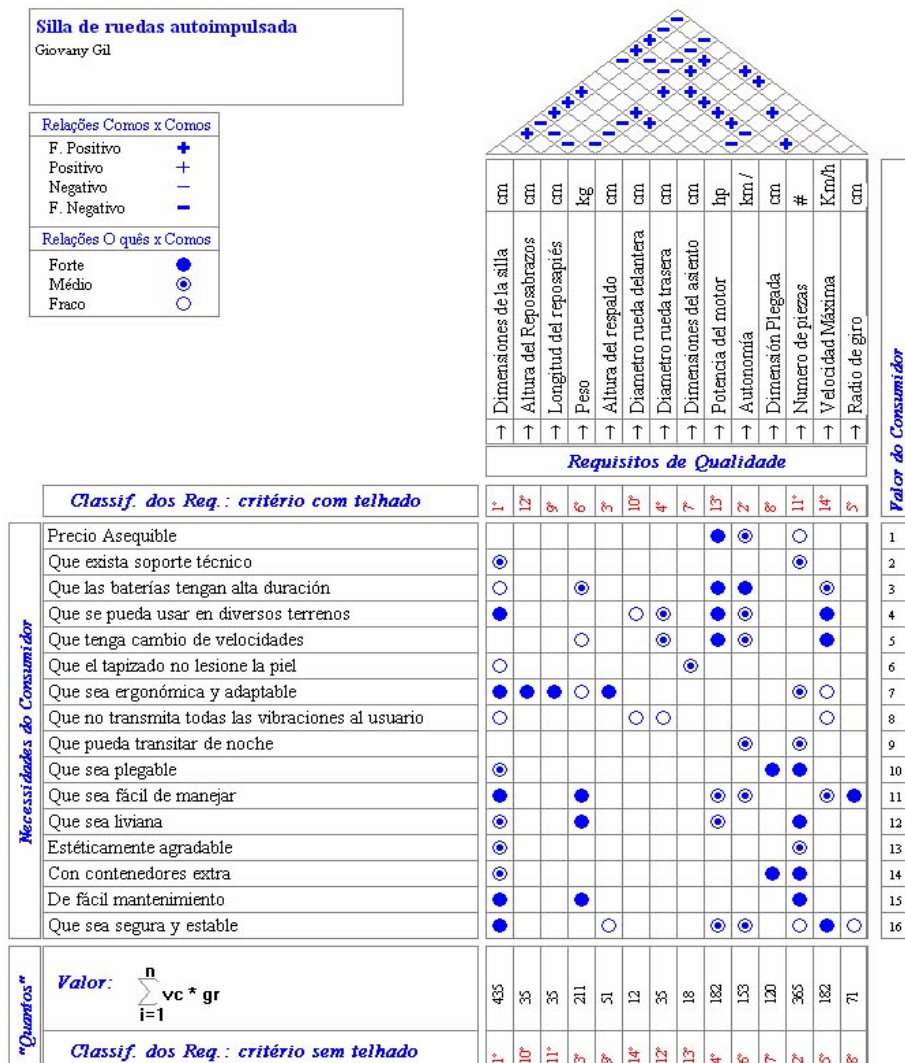
**Tabla 27. Priorización de las demandas del cliente**

DEMANDAS PRIMARIAS	DEMANDAS SECUNDARIAS	DEMANDAS TERCIARIAS
Fácil de usar	Fácil de manejar	Alta maniobrabilidad. Claridad en los mandos. Controles grandes. Facilidad para subir pendientes. Poco esfuerzo de impulso. Facilidad para moverse en espacios pequeños. Posibilidad de manejo por acompañante. Facilidad para estacionar. Facilidad para superar obstáculos. Facilidad para acceder y salir.
	Fácil de transportar	Que sea ligera. Que ocupe poco espacio plegada. Que se pueda transportar. Fácil de plegar. Adaptación al acceso de transporte público.
	Que sea fácil de mantener	Fácil de limpiar. Montaje sencillo de la batería. Gran autonomía.
Segura	Que sea estable. Que se pueda anclar en transportes públicos. Que se pueda inmovilizar en pendientes. Que sujete bien el cuerpo.	
Resistente	Que soporte esfuerzos extra .	Que permita carga extra
	Que resista al ambiente.	Que soporte condiciones climáticas adversas. Que pueda manejarse en diversos terrenos.
Cómoda	Que se adapte el usuario	Que permita reposar los brazos y piernas. Que pueda adaptarse distintas tallas. Que permita regular posiciones.
	Que no genere molestias	Que el asiento no acalore. Que no genere escaras. Que no tenga vibraciones. Que sea silenciosa.
Económica	Que tenga una buena relación precio-producto	Que se pueda financiar. Que los repuestos sean económicos y fáciles de conseguir.
Atractiva	Que sea agradable estéticamente. Que se pueda personalizar. Que admita accesorios.	

Fuente: Autor del proyecto

Después de analizar cada una de las demandas del usuario se ha hecho un listado de los requerimientos técnicos necesarios para la construcción de la silla de ruedas; cruzando estos listados se obtiene la matriz final de la casa de la calidad, la cual permitirá evaluar las prioridades en la mente del cliente y la forma de controlarlos desde el punto de vista técnico y de diseño.

**Figura 41. Matriz de la Casa de la Calidad**



Fuente: Autor del proyecto

**3.2.2 Matriz de contradicciones (TRIZ).** Teniendo en cuenta los puntos más importantes para el desarrollo del proyecto, desde el punto de vista del cliente y del desarrollador es necesario enfocarse en esta última área para concretar los tópicos más importantes desde el punto de vista técnico y de manufactura.

En el desarrollo de esta sección se aplicará la Teoría de la Resolución Inventiva de Problemas enmarcada dentro del método TRIZ, el cual plantea que para la resolución de un problema siempre existe una solución común para ciertas situaciones a las que se han enfrentado diseñadores de todo el mundo en campos diferentes del conocimiento. Esta teoría se apoya en el uso de una herramienta de tipo matricial que relaciona las características del producto que se desean mejorar contra aquellas empeoran con la implementación de las primeras. Debido a la complejidad que representa el hecho de desglosar el funcionamiento interno de la matriz, se ha utilizado una matriz TRIZ disponible en Internet<sup>13</sup>, de ella se extraerán los resultados pertinentes para su posterior colección en el presente documento.

Con el objetivo de argumentar la validez de esta herramienta es necesario amplificar los argumentos principales que hacen de TRIZ una forma de diseñar ahorrando tiempo, esfuerzo y dinero. Esta propuesta que buscaba asesorar a los inventores de la marina soviética fue presentada por Genrich. Altshuller después de analizar la tecnología existente y analizar las formas más comunes de solucionar los problemas. Para esto se basó en el Banco de Patentes Ruso, verificando 200.000 archivos y seleccionando 40.000 que representaban soluciones inventivas realmente originales, el resto de patentes mostraban soluciones obtenidas mediante el mejoramiento de las originales y que no representaban un avance significativo en términos de creatividad. Altshuller define un problema inventivo como aquel cuya solución implica un problema, para lo cual

---

<sup>13</sup> [www.inp.nsk/dlogash/triz/](http://www.inp.nsk/dlogash/triz/)

debe buscarse una solución de compromiso entre los parámetros en conflicto; uno de los problemas planteados en una silla de ruedas puede ser el compromiso existente entre *Peso y Autonomía*, pues esta última depende de la carga que tenga que soportar la silla en un tiempo determinado. La solución más próxima a la ideal debería aumentar la autonomía y mantener el peso como mínimo, (principio inventivo) esto se realiza por medio de la matriz TRIZ; un invento por su parte, elimina cualquier contradicción entre problemas para evitar cualquier compromiso técnico.

Los principios inventivos sobre los cuales Altshuller basa su teoría de resolución de problemas son los siguientes (ver resultados de TRIZ pág. 92):

- Segmentación
- Extracción
- Calidad Local
- Asimetría
- Combinar
- Universalidad
- Anidar
- Contrapeso
- Adelantar la acción opuesta
- Adelantar acción
- Amortiguar por anticipado
- Equipotencialidad
- Inversión
- Esfericidad
- Dinamismo
- Acción parcialmente efectuada
- Mover a otra dimensión
- Vibración Mecánica
- Acción Periódica
- Continuidad de la vida útil
- Pasar rápidamente
- Convertir lo negativo en positivo
- Realimentar
- Mediadores
- Autoservicio
- Copiar
- Duración
- Cambio del sistema mecánico
- Neumático o Hidráulico
- Membranas flexibles o película delgada
- Usar material poroso
- Cambiar el color
- Homogeneidad
- Rechazar o generar partes

- Transformación del estado físico o químico del objeto
- Cambio de Fase
- Expansión térmica
- Usar oxidantes fuertes
- Ambiente inerte
- Materiales compuestos

Dichos principios actuarán como resultado de cruzar los 39 parámetros técnicos de la matriz, los cuales son comunes a la mayoría de las situaciones que tiene que superar el diseñador, y que para lograr el mayor provecho de la herramienta se deben comparar uno por uno. Dichos parámetros se enuncian como sigue:

1. Peso de un objeto en movimiento
2. Peso de un objeto en reposo
3. Longitud de un objeto en movimiento
4. Longitud de un objeto en reposo
5. Área de un objeto en movimiento
6. Área de un objeto en reposo
7. Volumen de un objeto en movimiento
8. Volumen de un objeto en reposo
9. Velocidad
10. Fuerza
11. Tensión, Presión
12. Forma
13. Estabilidad del objeto
14. Resistencia
15. Durabilidad de un objeto en movimiento
16. Durabilidad de un objeto en reposo
17. Temperatura
18. Brillo
19. Energía consumida por un objeto en movimiento
20. Energía consumida por un objeto en reposo
21. Potencia
22. Consumo de energía
23. Consumo de sustancia
24. Pérdida de información
25. Consumo de tiempo
26. Cantidad de sustancia
27. Fiabilidad
28. Precisión de medida

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 29. Precisión de fabricación                 | 34. Facilidad de reparación  |
| 30. Factores perjudiciales sobre otro objeto | 35. Adaptabilidad            |
| 31. Efectos perjudiciales laterales          | 36. Complejidad del elemento |
| 32. Posibilidad de fabricación               | 37. Complejidad del control  |
| 33. Conveniencia de uso                      | 38. Grado de automatización  |
|  | 39. Productividad            |

Es de anotar que tanto QFD como TRIZ no son herramientas que brinden soluciones absolutas de los problemas planteados, simplemente aportan sugerencias al diseñador para evitar las pérdidas excesivas de tiempo en los procesos de diseño y manufactura, y de la misma forma es una guía para llegar al mismo objetivo en un trayecto más corto.

La tabla 26 muestra las sugerencias enunciadas por TRIZ para el desarrollo de una silla de ruedas autopropulsada.

**Tabla 28. Resultados obtenidos de la matriz TRIZ**

	1	2	7	8	9	10	12	13	14	15	21	22	31	32	33	34	36	37	39
1							10	1	18	5				1					
2							14	35	27	31				27					
							35	19	28	34				28					
							40	39	40	35				36					
7							1	1	7				1	1	12				
8							4	10	9				2	29	13				
							15	28	14				17	40	15				
							29	39	15				40		30				
2							2							35		1	1		2
7							7										31		10
							35												35
																			37

<b>9</b>							15	1	3	14							
							18	18	5	19							
							34	28	19	20							
							35	33	35	35							
<b>10</b>													3			10	
													13			18	
													24			26	
													36			35	
<b>12</b>	8	3	4	2	15			1	10			1	1				10
	10	10	14	7	18			4	14			35	17				17
	29	15	15	35	34			18	30				28				26
	40	26	22		35			33	40				32				34
<b>13</b>	2		10		15		1										
	21		19		18		4										
	35		28		28		18										
	39		39		33		22										
<b>14</b>	1		7				10					35					
	8		10				30										
	15		14				35										
	40		15				40										
<b>15</b>	5				3								1				
	19				5								4				
	31				35								27				
	34																
<b>21</b>												10					19
												35					20
												38					30
																	34
<b>22</b>					16				26	3							7
					35					38							23
					38												
<b>31</b>			2			1	1										
			17			28	35										
			40			35											
						40											
<b>32</b>	15	1	1	35			1		1	19			2				
	16	13	13				13		4	35			5				
	29	27	29				27		27				13				
	28	36	40				28						16				
<b>33</b>			1		13								2				12
			15		18								5				17
			16		34								12				26



En la tabla 28 se ha dispuesto dicho listado y se han remarcado cuáles opciones pueden ser útiles, es necesario mencionar que un gran porcentaje de estas opciones se implementaron en el desarrollo del modelo final, logrando así finalizar los objetivos de manera satisfactoria minimizando el tiempo de desarrollo y el de implementación.

**Tabla 30. Frecuencia y Opciones de los principios inventivos**

<b>PRINCIPIO INVENTIVO</b>	<b>OPCIONES DE DISEÑO</b>	<b>Nº</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Cambiar propiedades físicas o químicas	A- Cambiar el estado de agregación de un objeto, distribución de densidad, grado de flexibilidad, temperatura...	<b>35</b>	<b>27</b>
Segmentación	A- Dividir un objeto en partes independientes. B- Hacer un objeto por secciones. C- Incrementar el grado de segmentación	<b>1</b>	<b>26</b>
Adelantar acción	A- Realizar la acción o parte de ella por anticipado. B- Si un objeto a estar bajo tensión, proveer la tensión opuesta antes	<b>10</b>	<b>16</b>
Dinamismo	A- Hacer que el objeto se ajuste automáticamente para un funcionamiento óptimo en cada nivel de operación B- Dividir un objeto en elementos que puedan cambiar sus	<b>15</b>	<b>14</b>

	posiciones relativas. C- Hacer un objeto móvil o intercambiable		
Cambio del sistema mecánico	A- Utilizar campos electromagnéticos	<b>28</b>	<b>14</b>
Extracción	A- Extraer una parte o propiedad de un objeto B- Extraer sólo lo necesario	<b>2</b>	<b>10</b>
Inversión	A-Hacer las partes móviles fijas y viceversa B- Dar la vuelta al objeto	<b>13</b>	<b>9</b>
Vibración Mecánica	A- hacer oscilar un objeto	<b>18</b>	<b>9</b>
Regenerar partes	A- Una vez cumple su función eliminar o modificar el objeto	<b>34</b>	<b>9</b>
Esfericidad	A- Sustituir partes lineales por curvas B- Reemplazar movimiento lineal por rotacional	<b>14</b>	<b>8</b>
Acción periódica	A- cambiar la frecuencia de acción periódica	<b>19</b>	<b>8</b>
Duración	A- Sustituir objetos claros duraderos por varios baratos intercambiables	<b>27</b>	<b>8</b>
Combinar	A- Combinar en el espacio objetos homogéneos u objetos destinados a realizar operaciones contiguas	<b>5</b>	<b>7</b>

Copiar	A- Mostrar copias simples y económicas en lugar de objetos complejos, más caros, frágiles o difíciles de manejar	<b>26</b>	<b>7</b>
Neumático o hidráulico	A-Reemplazar partes sólidas del objeto por un gas un líquido	<b>29</b>	<b>7</b>
Cualidad local	A- Transición de una estructura homogénea de un objeto a una heterogénea B- Diferentes partes del objeto realizan diferentes funciones C- Colocar las distintas partes de un objeto bajo las condiciones más favorables para su funcionamiento	<b>3</b>	<b>6</b>
Asimetría	A- sustituir una forma simétrica por una asimétrica	<b>4</b>	<b>6</b>
Acción parcialmente efectuada	A- Si es difícil alcanzar el 100% del efecto deseado, alcanzar el mayor porcentaje posible alivia el problema	<b>16</b>	<b>6</b>
Anidar	A- colocar los objetos unos dentro de otros B- hacer pasar un objeto por la cavidad de otro	<b>7</b>	<b>5</b>
Mover a otra dimensión	A- Desplazar un movimiento lineal a uno en otra dimensión B- Usar ensamblajes multicapa en lugar de una única capa	<b>17</b>	<b>5</b>

Membranas flexibles o película delgada	A- Reemplazar configuraciones tradicionales por otras membranas B- Aislar objetos de su entorno mediante películas o membranas	<b>30</b>	<b>5</b>
Ambiente inerte	A- Llevar a cabo el proceso en vacío	<b>39</b>	<b>4</b>
Adelantar la acción opuesta	A- si un objeto va a estar bajo tensión, proveer la tensión opuesta antes	<b>9</b>	<b>3</b>
Equipopotencialidad	A- Cambiar las condiciones de trabajo de manera que un objeto no tenga que ser elevado o descendido	<b>12</b>	<b>3</b>
Continuidad de un acción útil	A- Eliminar movimientos intermedios o improductivos B- Realizar una acción para que las partes trabajen a plena capacidad	<b>20</b>	<b>3</b>
Usar material poroso	A- Rellenar los poros con alguna sustancia	<b>31</b>	<b>3</b>
Homogeneidad	A- Hacer del mismo material o de otro con comportamiento similar los objetos que interaccionan con uno primario	<b>33</b>	<b>3</b>
Cambio de fase	A- Incluir un efecto durante un cambio de fase	<b>36</b>	<b>3</b>
Usar oxidantes fuertes	- No aplica-	<b>38</b>	<b>3</b>
Contrapeso	A- Compensar el peso de un	<b>8</b>	<b>2</b>

	objeto con la adición de otro que tenga una fuerza de elevación		
Convertir lo negativo en positivo	A- Convertir los efectos negativos para conseguir uno positivo B- Incrementar la cantidad de acción negativa hasta que deje de serlo	<b>22</b>	<b>2</b>
Mediadores	A- -Usar un objeto intermedio para desarrollar una acción	<b>24</b>	<b>2</b>
Cambiar el color	A- Emplear elementos luminiscentes B- Cambiar el color de un elemento	<b>32</b>	<b>2</b>
Expansión térmica	- No aplica-	<b>37</b>	<b>2</b>
Amortiguar por anticipado	A- Compensar la posible baja fiabilidad de un elemento mediante medidas tomadas por anticipado	<b>11</b>	<b>1</b>
Pasar rápidamente	A-Realizar acciones negativas de manera muy rápida	<b>21</b>	<b>1</b>
Realimentar	A- Introducir realimentación	<b>23</b>	<b>1</b>

Fuente: Autor del proyecto

### 3.3 REVISIÓN

En este capítulo se analizaron diversas formas de captar las necesidades del cliente, y convertirlas en parte de los requerimientos y sugerencias de diseño; esta actividad fue fundamental en el desarrollo del proyecto, pues permitió tener bases concretas acerca del comportamiento del mercado local, para así formular

soluciones adecuadas y bien argumentadas en la utilización de herramientas propias del área de investigación de mercados y desarrollo de productos.

Debido a la enorme logística que es necesario poseer para conocer el pensamiento de una muestra representativa del 10% la población, se seleccionó un pequeño grupo de personas (20) que fueron entrevistadas con los cuestionarios e igualmente, instituciones como ASODISPIE (Asociación de Discapacitados de Piedecuesta) en cabeza de su director Henry Tavares y ASOPAR (Asociación de Paraplégicos de Santander) con la representación de Jorge Nelson Jaimes, brindaron un aporte significativo para la elaboración de la información consignada en este aparte, lo cual permitió contextualizar apropiadamente el conocimiento obtenido por todas las fuentes, beneficiando así el desarrollo del presente proyecto.

#### **4. ASPECTOS DE DISEÑO**

Para lograr una respuesta efectiva en el diseño, es necesario plantear cada uno de los requerimientos del usuario con respecto al producto; en la tabla 31 se han desglosado los tópicos más importantes que intervienen en la configuración del producto final. Este formato ha sido escogido dada su pertinencia con el presente proyecto, ya que es muy específico con la carga requerimientos en cada uno de los niveles de desarrollo objetual, permitiendo así tener una visión más generalizada en la generación del producto y posteriormente hacer cuantificable en la mayoría de los requerimientos el cumplimiento de los objetivos finales.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Modelo de requerimientos de diseño tomado del MANUAL DE DISEÑO INDUSTRIAL

## 4.1 REQUERIMIENTOS DE USO

**Tabla 31. Requerimientos de Diseño**

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetros</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Practicidad</b>	Debe tenerse en cuenta que el manejo se realizará con una sola mano, por tal motivo se minimizarán los controles para facilitar el manejo	Debe limitarse el número de componentes para evitar confusiones o impresiones negativas en el usuario, lo cual dificultaría la operación.	*Número de controles máximo	5. (en el joystick)
<b>Manipulación</b>	El usuario tendrá a cargo la conducción cuando esta sea posible, en caso contrario el producto debe facilitar la asistencia de un tercero para movilizar la silla	Se minimizará la carga muscular en la conducción para operar los controles con naturalidad	*Protección de zonas de flujo de corriente *Protección contra elementos rotatorios para evitar estrangulamientos	<i>(Depende del número de piezas)</i>
<b>Antropometría</b>	Las dimensiones se adecuarán a la mayoría de la población usando percentiles 5 como dimensiones iniciales. Para piezas graduables se tomará como límite máximo el percentil 95.	Medidas antropométricas consideradas dentro del percentil 5 para adultos en zonas de descanso.	*Biomecánica de la posición sedente *Ergonomía de los controles	<i>(Depende de la información del catálogo usado, no se consignan, por su extenso contenido)</i>
<b>Percepción</b>	La usuario meta (población de 20- 35 años) debe percibir dinamismo, jovialidad y modernidad en los elementos del producto	Aplicación de los conceptos básicos de la teoría del color. Proporciones áureas	*Diferenciación de regiones importantes por medio de texturas en relieve o colores representativos de seguridad.	* La altura de las texturas no superará los 4 mm. *Los acabados no superarán las 65 micras para facilitar

	final.			su reparacion
<b>Mantenimiento</b>	Las reparaciones o labores de limpieza se realizarán en el lugar donde se ubica el objeto si fuese posible hacerlo; se evitará en lo posible trasladar el objeto para su mantenimiento.	Debe minimizarse el número de personas que puedan llevar a cabo una operación de mantenimiento, para no elevar los costos por este rubro, y para simplificar la tarea.	*Número de personas necesarias para realizar el mantenimiento de las piezas	*Número máximo de personas realizando mantenimiento: 2
<b>Transporte</b>	El conjunto debe llevarse desarmado al cliente para disminuir el volumen de carga, por eso debe suministrarse herramienta adecuada y estandarizada			

#### 4.1.1 Requerimientos de función.

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetros</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Resistencia</b>	El esfuerzo máximo que debe soportar al producto esta dado por un peso promedio del usuario de 85 Kg. ( no incluye el peso de los componentes del elemento)	Este peso se amortiguará para proteger la salud del usuario, y para prolongar la vida útil de los elementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tipo de apoyos</li> <li>* Numero de apoyos</li> <li>* Peso de cada elementos</li> <li>* Torques y fuerzas internas de los elementos</li> <li>* Suspensión</li> </ul>	
<b>Acabados</b>	Si se emplean pinturas se buscará la protección de la pieza frente a la corrosión y la abrasión. Será deseable que el acabado lo aporte el material de la pieza para evitar procesos subsiguientes de acabado	El proceso de acabado se suprime si el material presenta buenos resultados a nivel técnico y estético, de lo contrario es conveniente emplear pinturas o recubrimientos galvanoplásticos.		
<b>Mecanismos</b>	Se minimizará la implementación de mecanismos que dificulten el montaje, se preferirá el uso de tarjetas electrónicas para disminuir el peso del conjunto			

#### 4.1.2 Requerimientos estructurales.

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetros</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Carcaza</b>	Las carcazas se fabricarán en PRFV cuando soporten elementos o cambios de temperatura	Se emplearán polímeros termoestables que puedan reforzarse para mejorar el desempeño de la pieza		
<b>Uniones</b>	Las uniones deben obtenerse comercialmente para que el usuario pueda hacer reparaciones locales sin asesoría especializada			

#### 4.1.3 Requerimientos formales.

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetros</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Superficie</b>	Las superficies tendrán geometrías que permitan al usuario su manipulación para un posterior mantenimiento			
<b>Perfiles</b>	Para las zonas de carga se emplearán perfiles continuos ( homogéneos u heterogéneos) para garantizar la resistencia a la situación de trabajo	Se evitarán perfiles o superficies con viruta que puedan ocasionar lesiones en el usuario. Los perfiles serán cerrados y bordes redondeados.		

#### 4.1.4 Requerimientos técnico productivos.

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetro</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Modo de producción</b>	Se propondrán elementos que puedan construirse bajo el mismo proceso para mejorar los tiempos de producción			
<b>Materias primas</b>	Se emplearán principalmente: Materiales ferrosos y no ferrosos, polímeros termoestables con sus respectivos refuerzos y telas de alta resistencia a la abrasión	Materiales de refuerzo que permitan disminuir el peso total del conjunto Materiales de duración prolongada que no se desgasten rápidamente con el uso	*Acero, Bronce, Aluminio *Polímeros termoestables *Recubrimientos con resinas epóxicas *Espumas termoplásticas para tapizado *Telas para tapizado	
<b>Proceso productivo</b>	Se aprovechará la tecnología de producción regional y nacional de fácil acceso.			

#### 4.1.5 Requerimientos económicos.

<b>Requerimiento</b>	<b>Determinante</b>	<b>Determinado</b>	<b>Subparámetro</b>	<b>Cuantificación</b>
<b>Demanda</b>	Se atacará al sector de la población comprendido entre las edades de 20 a 35 años que puede adquirir el producto	.	*Potenciales clientes para el producto	De 4000 discapacitados en Santander se estima que el 13% podría adquirir el producto
<b>Oferta</b>	Se buscarán beneficios que puedan competir con los comercializadores (competencia directa) y con el único fabricante del país		*Importadores Principales *Fabricantes nacionales	*Sunrise Medical & Co *Everest & Jennings
<b>Medios</b>	Distribución en almacenes especializados o por venta directa con comercializadores.	Principales herramientas promocionales: promoción comercial en puntos directos.		

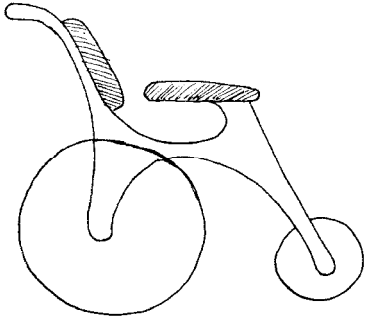
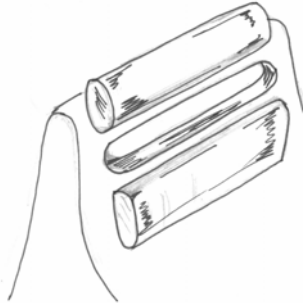
Fuente: Autor del proyecto



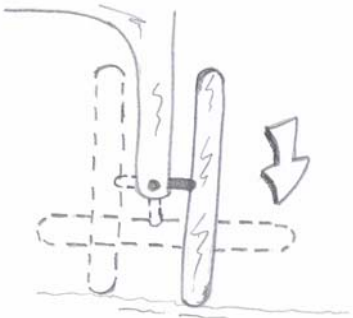
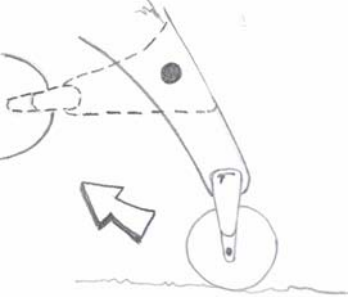
## 4.2 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS

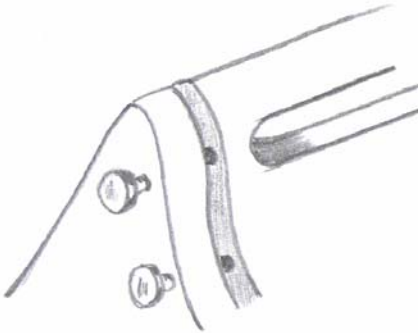
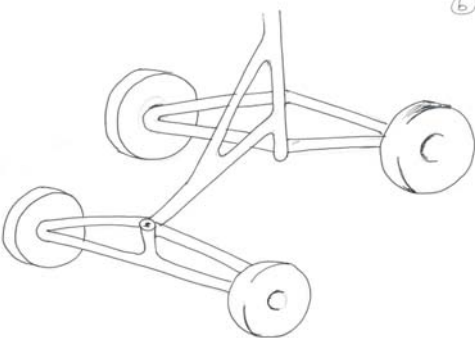
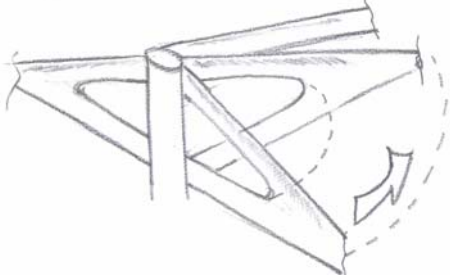
Para iniciar la fase de diseño del producto, se ha retomado la información contenida en el capítulo 3, referente a las estrategias de desarrollo de productos, para esta forma generar los primeros bocetos que permitan tomar las mejores decisiones de diseño para el proyecto. Se presentan a continuación estos primeros desarrollos los cuales influenciaron decisivamente en el resultado final.

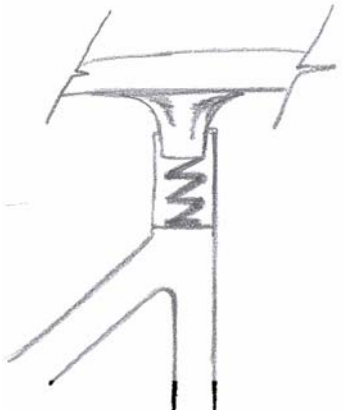
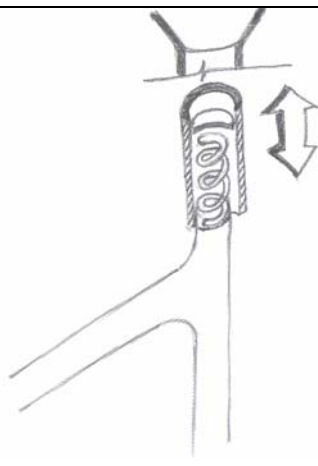
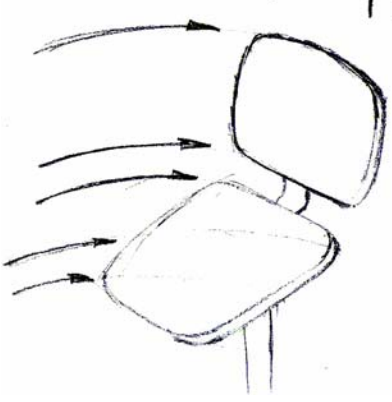
Debido a que el chasis es una de las zonas más importantes del montaje, se presentarán las alternativas genéricas a partir de las cuales se desarrolló el producto final. Posteriormente fueron evaluadas y se seleccionó la que brindaba las mejores características de acuerdo a los requerimientos de usuario planteados anteriormente.

**Tabla 32. Generación de alternativas**

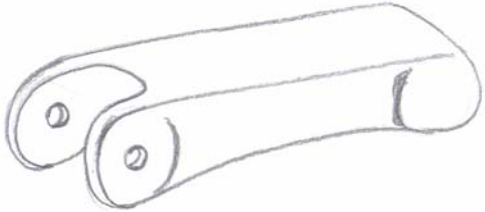
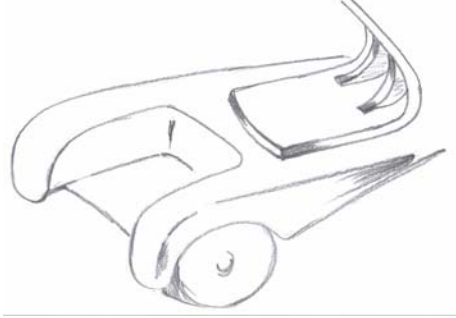
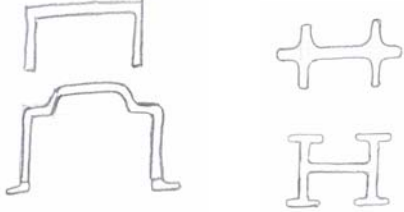

<p><b>Alternativa 1:</b> Marco compuesto por dos piezas sólidas que sostienen la rueda delantera y trasera, tapicería, asas y reposapiés. Propuesto en material polimérico y reforzado con fibras sintéticas para mejorar sus propiedades mecánicas; se plantea unir los marcos con travesaños metálicos o con el mismo polímero empleado en los marcos laterales</p>	
<p>El tapizado se compone de dos módulos adosados a la estructura principal del objeto, se dispone de esta forma para favorecer el flujo de aire en la espalda del usuario, y además para facilitar las reparaciones locativas</p>	


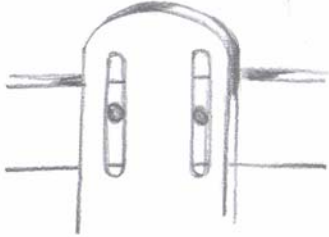
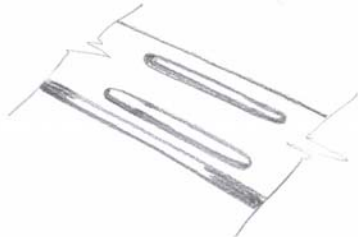
<p>Las ruedas delanteras no tienen restricciones sobre el plano horizontal para mejorar la conducción del elemento</p>	
<p>El desplazamiento horizontal de los reposabrazos permite una graduación que es apta para todos los usuarios, mejorando el nivel de confort y la calidad en el apoyo para la incorporación</p>	
<p>Las llantas traseras pivotan alrededor del extremo final del chasis, disminuyendo el volumen final ocupado en posición de plegado para el transporte del producto</p>	
<p>Al igual que las llantas traseras, las delanteras pueden retraerse sobre un pasador para disminuir la altura final del elemento cuando se introduce en lugares estrechos</p>	

<p>El chasis posee dos tornillos de graduación que permiten aumentar o disminuir el ancho del habitáculo del paciente; esta opción es especial para usuarios que por su contextura superior al promedio, no encuentran opciones de movilización que se ajusten a sus necesidades</p>	 <p>Este diagrama muestra un detalle de un chasis con una banda que se ajusta mediante dos tornillos. Una línea curva indica el movimiento de ajuste de la banda.</p>
<p><b>Alternativa 2:</b> Chasis fabricado completamente con elementos tubulares de fácil consecución en el mercado local; preferiblemente livianos y con buenas características mecánicas. Los puntos de ensamble generados en el centro de chasis actuarán como pivote para poder plegar las llantas y minimizar el volumen cuando el elemento desea transportarse al interior de un contenedor</p>	 <p>Este diagrama ilustra un chasis plegable con cuatro llantas. El chasis está formado por tubos que se conectan en un punto central, permitiendo que las llantas se doblen hacia adentro para reducir el tamaño del conjunto.</p>
<p>El plegado del bastidor permite minimizar el volumen ocupado cuando el objeto no se encuentra en servicio. Un vástago central aloja el rodamiento que permite la rotación de los elementos del chasis</p>	 <p>Este diagrama muestra un chasis plegable con un eje central que soporta un rodamiento. Flechas y líneas de puntos indican el movimiento de plegado y la rotación de los componentes.</p>

<p>Al interior de la construcción tubular se inserta la suspensión, formada por un resorte de compresión que disipa la energía absorbida tras los impactos propios de la situación de trabajo</p>	 <p>A technical drawing showing a cross-section of a tubular suspension system. A central vertical tube is connected to a horizontal top plate. Inside the tube, a coiled compression spring is positioned. The bottom of the tube branches out into two diagonal lines, representing the seat's support structure.</p>
<p>La camisa de la suspensión aloja en su interior el cono-macho que proviene de la parte inferior del asiento, logrando un ajuste fácil de montar y desmontar</p>	 <p>A technical drawing showing a cross-section of a suspension sleeve. The sleeve is a hollow tube with a conical male part (conical male) protruding from its bottom. A double-headed vertical arrow is placed to the right of the sleeve, indicating its vertical movement or adjustment.</p>
<p>Teniendo en cuenta que el punto de ensamble se encuentra en el centro geométrico del asiento, puede usarse esta condición para adaptar un pivote que permita la rotación del asiento para situaciones en las cuales se dificulte el posicionamiento de la silla de ruedas, como en mesas de comedor, de reunión, etc.</p>	 <p>A technical drawing of a swivel seat. The seat is shown from a top-down perspective, with a central pivot point. Four curved arrows around the pivot indicate the direction of rotation. The seat is mounted on a vertical support structure.</p>

<p>Vista superior de la rotación del asiento</p>	
<p><b>Alternativa 3:</b> Propuesta combinada que busca integrar los elementos tubulares de la propuesta B, con los sólidos generados a partir de polímero reforzado apreciables en la propuesta A. se busca con lo anterior ganar velocidad de manufactura debido a la facilidad con la que se pueden elaborar productos partiendo de una sección transversal circular y uniforme; y a su vez, insertar piezas con materiales poco difundidos en los productos de movilización y que generarán buenos resultados a nivel visual y de desempeño..</p>	
<p>Modificación que presenta una estructura laminar que genera el cuerpo total de la silla; se incorpora una masa elástica para aliviar la fatiga sobre el material durante los ciclos típicos de trabajo</p>	

<p>Perfil en C que al ensamblar con los otros componentes del conjunto permite una rotación natural que está soportada sobre un pasador, tiene como ventaja la facilidad en la reparación o incluso reemplazo de las partes, sin afectar otras partes del conjunto</p>	
<p>Boceto inicial de la carcasa que soporta las baterías y protege los motores que dan tracción y rotación, sobre la cara superior se inserta el chasis laminar junto con sus piezas de amortiguamiento</p>	
<p>Perfiles que se proponen para la construcción del chasis; las modificaciones se basan en la adición de material distantes del eje neutro, aumentando la inercia y mejorando a resistencia de la pieza</p>	
<p>Acoplamiento del reposabrazos que conserva la idea laminada del chasis; su construcción sería posible empleando un polímero termoconformable</p>	

Montaje de la almohadilla del reposabrazos sobre su bastidor	
Acanalado del reposabrazos para modificar su altura según las características antropométricas del usuario	
Acanalado para modificar la longitud del asiento en función del espaldar	

Fuente: Autor del proyecto

**4.2.1 Selección de alternativas.** Para que exista congruencia entre las estrategias para el desarrollo del producto, y los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del mismo, la selección de alternativas es un procedimiento que parte de las necesidades del cliente planteadas en el QFD (ver capítulo 3) analizando, ponderando y descartando según las escalas planteadas.

El método de selección de las alternativas planteado a continuación se conoce como el "Método de los objetivos ponderados" (Nigel Cross. *Métodos de diseño*. Capítulo 9) y se realiza como sigue:

Se reescriben las necesidades del cliente consignadas en la Matriz de La Casa de la Calidad incluyendo el puntaje asignado por los usuarios entrevistados y se correlaciona con cada una de las alternativas de diseño, asignando un puntaje a las necesidades por separado, con el fin de realizar una sumatoria que permita obtener una "alternativa ganadora" que tenga mas puntos que los demás. Teniendo esta estructura creada, se somete cada alternativa y se evalúa su desempeño de acuerdo a la característica deseada por el cliente; para esta evaluación previamente se ha diseñado una escala de valores, para así obtener un puntaje final y diferente en cada propuesta de diseño.

Por último, se escoge la propuesta que haya obtenido mayor puntaje, y si es necesario se comparan alternativas en diferentes combinaciones para confirmar la decisión inicial (esto aplica para proyectos con más de cuatro alternativas).

**Tabla 33. Evaluación de alternativas**

<b>Características</b>	<b>W</b>	<b>ALT 1</b>	<b>ALT 2</b>	<b>ALT 3</b>
Precio asequible	10	1	1	3
Que exista soporte técnico	8	1	1	1
Que las baterías tengan alta duración	8	1	1	1
Que se pueda usar en diversos terrenos	6	1	1	3
Que tenga cambio de velocidades	7	1	1	1
Que el tapizado no lesione la piel	7	1	1	1
Que sea ergonómica y adaptable	5	1	1	3
Que no transmita todas las vibraciones al usuario	6	0	0	3
Que pueda transitar de noche	4	1	1	1
Que sea plegable	6	0	3	1
Que sea fácil de manejar	9	1	1	1
Que sea liviana	4	0	1	3
Estéticamente agradable	5	3	3	3
Con contenedores extra	3	1	1	1
De fácil mantenimiento	5	1	0	3
Que sea segura y estable	7	1	1	1
<b>Sumatoria</b>	<b>100</b>			
<b>Ponderado Final</b>		<b>94</b>	<b>111</b>	<b>182</b>

Fuente: Autor del proyecto

**4.2.2 Revisión.** Para lograr la puntuación final se ha escogido una escala que actúa así: Si la alternativa de diseño supera a un referente al mercado actual previamente escogido (ver numeral 1.5 Modelo **JAZZY 1120**) si la alternativa es superior al modelo elegido se puntuará con el número 3; si por el contrario, la alternativa es inferior en determinada característica al referente se puntuará con el número 0, o si existe igualdad entre la característica evaluada en los dos modelos se puntuará con el número 1.

De la tabla anterior se extrae el resultado de la 4ª columna, correspondiente a la alternativa núm. 3, en ésta se aprecia el puntaje superior a las demás alternativas, teniendo este resultado se decide dar continuidad al proyecto de acuerdo esta propuesta, partiendo de ella para poder desarrollar el producto final haciendo los ajustes pertinentes según los requerimientos establecidos.

### **4.3 DEPURACIÓN DE LA ALTERNATIVA FINAL**

Para lograr una depuración efectiva, se ha subdividido el proyecto en las partes que lo componen de acuerdo con la siguiente clasificación:

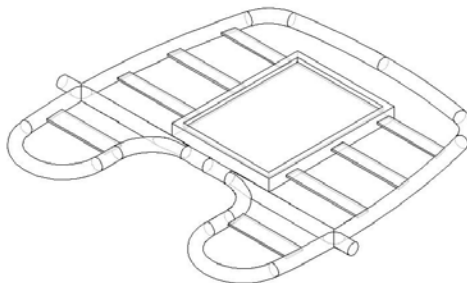
- **Chasis:** Lo componen todas las piezas estructurales que hacen que la silla pueda conservar el equilibrio estático y dinámico. Esta zona parte desde el ensamble de las ruedas hasta el apoyo del espaldar; no necesariamente estará compuesto del mismo material y buscará ser lo más liviano posible superando en esta característica a las sillas que existen en el mercado.
- **Sistema Electromecánico:** Lo componen aquellas piezas que permiten la movilidad del producto, está compuesto básicamente por el motor, el controlador, las baterías, la instalación eléctrica y el joystick.

- Tapizado: Está compuesto por las zonas de apoyo para la espalda y las piernas del usuario; en esta sección se buscará preservar cuidadosamente la salud del usuario con materiales que no lesionen la piel, y que brinden la mayor comodidad posible sin afectar el desempeño del producto final.
- Accesorios: Son todos aquellos objetos que no son esenciales para el producto, pero su existencia mejora la experiencia del usuario; pueden ser opcionales o incluirse directamente en el montaje.

**4.3.1 Definición de los elementos.** Los resultados que se derivan de la depuración de cada elemento se muestran en el apartado siguiente, en el cual se incluye el resultado final y las características de manufactura que posibilitaron su construcción.

**4.3.1.1 Chasis.** El chasis del producto final se llevó a cabo en dos partes, la primera actúa como plataforma de apoyo para los pies y simultáneamente facilita la inserción del eje delantero sobre el cual no se ejerce tracción (conducido), sobre esta pieza se ha hecho el montaje del suministro energético, el controlador del joystick y el sistema de ignición. Para su construcción se empleó tubo de sección circular doblado y soldado y platina

**Figura 42. Chasis inferior.**



Fuente: Autor del proyecto

Para definir la geometría de esta pieza se partió de variables definidas, como el peso de los elementos electromecánicos, la sujeción a la plataforma, el ensamble con la sección elevada del chasis, entre otras:

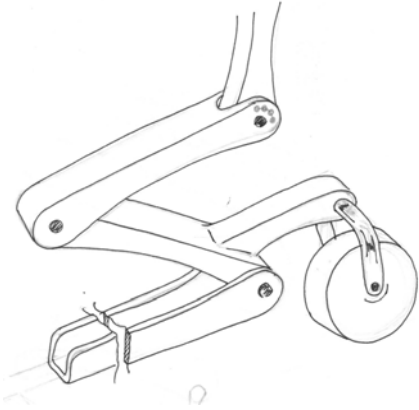
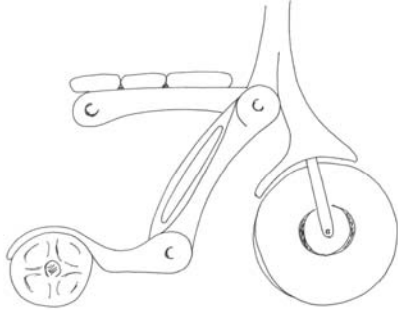

**Tabla 34. Variables en el diseño del chasis**

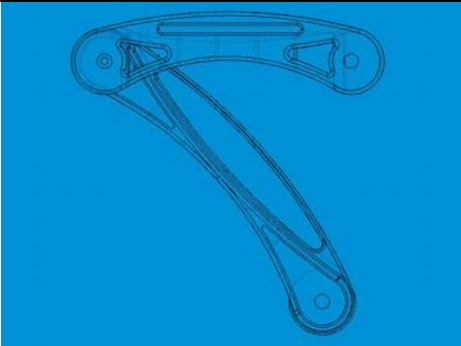

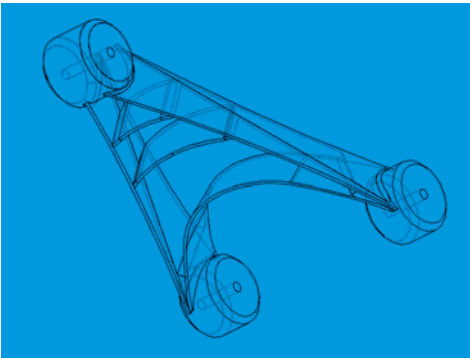
<b>ELEMENTO</b>	<b>CUANTIFICACIÓN</b>
<i>Peso de las baterías</i>	<i>7kg.</i>
<i>Peso de los controladores</i>	<i>500g.</i>
<i>Agujeros para sujeción de la plataforma</i>	<i>6</i>
<i>Tipo de junta para el ensamble con el chasis elevado</i>	<i>Junta rotacional ( 1GDL)</i>
<i>Peso aproximado del usuario</i>	<i>85kg.</i>
<i>Peso del montaje</i>	<i>20kg.</i>
<i>Sobrecarga</i>	<i>65 Kg.</i>

Fuente: Autor del proyecto

Una vez definidas las variables, se generan las alternativas que permiten solucionar el chasis como un producto independiente, sin perder por esto la unidad con los demás elementos del proyecto, los cuales evolucionan a medida que las partes principales son desarrolladas.

**Tabla 35. Desarrollo del chasis**

	<p>En esta alternativa el chasis se conforma por los bastidores de asiento y espaldar; y por un elemento diagonal que los une al sector inferior de chasis, a él se adosa el acople de la dirección que para este caso, tendrá lugar en el eje trasero con el fin de disminuir el radio de giro, y así aumentar la versatilidad del producto. Los elementos son solidarios entre sí, a excepción del bastidor para el espaldar, teniendo una junta rotacional que le permite lograr variaciones angulares</p>
	<p>En esta estructura se invierte angularmente el elemento diagonal, sobre el cual se hace un manejo formal diferente. En este caso se buscó la integración más armónica y precisa entre el acople de la dirección el resto de los elementos del chasis. Al igual que en el caso anterior los elementos son solidarios entre sí</p>
	<p>En esta gráfica se ilustra el cambio posicional de la rueda de dirección, esto provoca un levantamiento del chasis en su zona delantera y con ello variaciones dimensionales en la altura del eje de esta rueda. Se busca con esta alternativa modificar el sistema dirección, implementando un mecanismo de barras por debajo de la plataforma de apoyo, liberando así espacio en la zona posterior.</p>
	<p>Para definir las dimensiones de pieza, es necesario tomar en cuenta la situación de</p>

	<p>trabajo a la cual va a estar expuesta. La Antropometría del usuario permite establecer las dimensiones generales para posteriormente realizar el trabajo formal y así configurar el producto de la manera más adecuada. Se presenta en esta ilustración una depuración más precisa de acuerdo a los requerimientos planteados para el desarrollo del proyecto.</p>
	<p>Después de definidas las áreas laterales de la pieza se procede a definir la sección transversal, teniendo en cuenta el máximo desempeño a nivel mecánico, la minimización del peso y la planeación adecuada del proceso de manufactura. Se descartaron para esta pieza aquellos desarrollos en los cuales la pieza final tenía características de "entamboramiento", y se optó por emplear estructuras obtenidas por geometrías alveolares</p>
	<p>Se minimizó la cantidad elementos que conforman cada una de las piezas, al interior se redujo la complejidad de la estructura alveolar reticulada, obteniendo como resultado una pieza de muy alto rendimiento y formalmente bien constituida. Esto debido a la inserción de una lámina perforada que genera numerosas micro estructuras a lo largo de toda la pieza cuando la resina poliéster ingresa por las perforaciones del elemento metálico, apoyándose en los refuerzos que brinda el tejido MAT del refuerzo de fibra de vidrio.</p>

	
	<p>Para la manufactura de esta pieza se empleó un núcleo metálico, conformado únicamente por lámina perforada, fibra de vidrio, y resina poliéster</p>
	<p>Visualización del resultado obtenido en el diseño de las dos zonas principales que conforman el chasis del producto, se emplearon formas de manufactura diferentes en cada una; para el chasis inferior se utilizó material metálico doblado y soldado, en el chasis elevado y el bastidor del asiento, se utilizó plástico reforzado con fibra de vidrio</p> <p style="text-align: center;"><b>RESULTADO FINAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: Tubo de acero y resina poliéster reforzada con fibra de vidrio</li> <li>- Carga Máxima: 1150 Kg. (Flexión) 75 Kg. (Torsión)</li> <li>- Juntas: Rotacionales y con resortes de torsión como eslabones.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto

#### 4.3.1.2 Sistema electromecánico


- **Motor**

Una de las innovaciones más relevantes radica en la implementación de un sistema Wheel-motor (rueda- motor), que consiste en la inserción de un motor de magneto permanente DC que opera a 36 voltios, 7 amperios y con una potencia de 0.4 Hp.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Reducido volumen
- Montaje compacto
- Peso reducido
- Alto rendimiento
- No necesita piezas extra para impulsar el rotor
- Estéticamente agradable, no necesita carcazas ni piezas de protección

**Tabla 36. Sistema Rueda Motor**

	
Modelamiento del sistema	Sistema rueda motor con el sistema de frenado de tambor incluido

Fuente: Autor del proyecto

A este sistema se ha incluido un switch de reducción de velocidad, dirigido por la manija del freno, la cual actúa inducida por la presión de la mano del usuario presionando inicialmente la zapata contra el tambor, y en segunda instancia el *Brake switch* reduce progresivamente la velocidad en el rotor, suavizando los cambios súbitos de velocidad.

- **Baterías**

El abastecimiento de energía se realiza por medio de tres baterías de 12 voltios cada una, conectadas en serie para proveer los 36 voltios que necesita el motor para iniciar la rotación. Sus características técnicas se enuncian a continuación:

- Tiempo de carga: 4 - 6 horas
- Autonomía: 25 km.
- Amperaje: 7Ah
- Tipo de batería: Plomo ácido
- Realimentación: Cargador a 110 voltios

**Figura 43. Baterías empleadas**



Fuente: Autor del proyecto

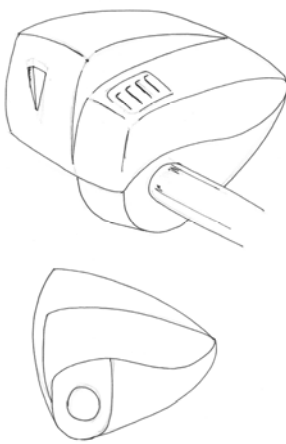
- **Joystick**

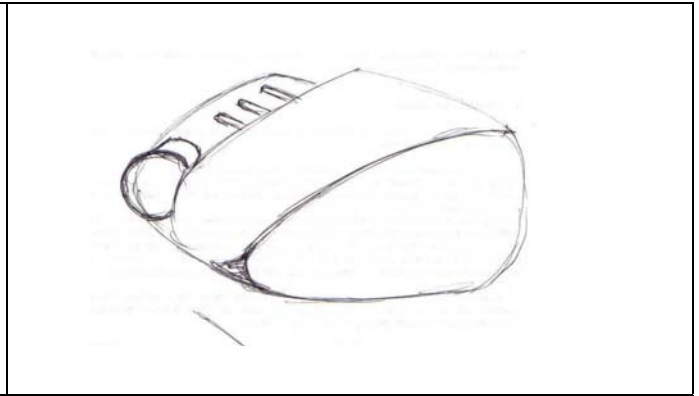
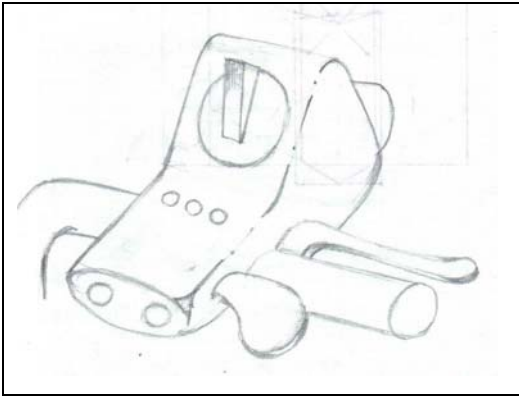
El joystick controla todos los mandos que hacen posible la traslación y la rotación de la rueda trasera, que actúa como elemento de tracción y dirección simultáneamente, brindando una mayor versatilidad en áreas reducidas o de difícil acceso.

En esta zona se concentra toda la información que producto le brinda usuario, con indicadores como:

1. Avance (adelante-reversa)
2. Nivel de carga de la batería (lleno-medio-vacío),
3. Rumbo (adelante-atrás-derecha-izquierda)
4. Aceleración
5. Luz (encendido-apagado)

**Tabla 37. Desarrollo del Joystick**

	<p>En esta propuesta se integran todos los elementos de información que debe llevar el joystick, éste se acoplará con uno de los reposabrazos para brindar una posición natural de manejo ocupando el mínimo espacio posible, y teniendo en cuenta la unidad formal con el resto de los elementos.</p> <p>El volumen depende para este caso, de las consideraciones sobre factores humanos para este tipo de tareas, y las dimensiones finales de la tarjeta del controlador.</p>
---	---



**RESULTADO FINAL**

Fuente: Autor del proyecto

- **Controlador**

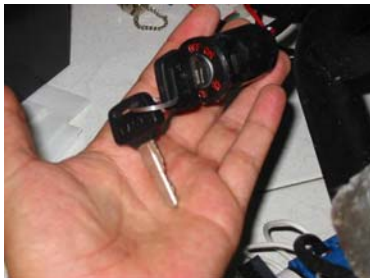
El controlador es un dispositivo electrónico que dirige el motor por medio de las órdenes que son transmitidas desde el joystick, traducido esto en aceleración y desaceleración. Otras tareas que realiza son:

1. Reenviar información al joystick notificando el nivel de carga de las baterías
2. Interpreta las órdenes del sistema de ignición (apagado-encendido), paso previo a la activación del sistema
3. Induce al movimiento de acuerdo al botón de encendido
4. Activa del sistema de protección para apagado de emergencia
5. Reduce las revoluciones del motor cuando se activa el Brake Switch

**Tabla 38. Controlador empleado**

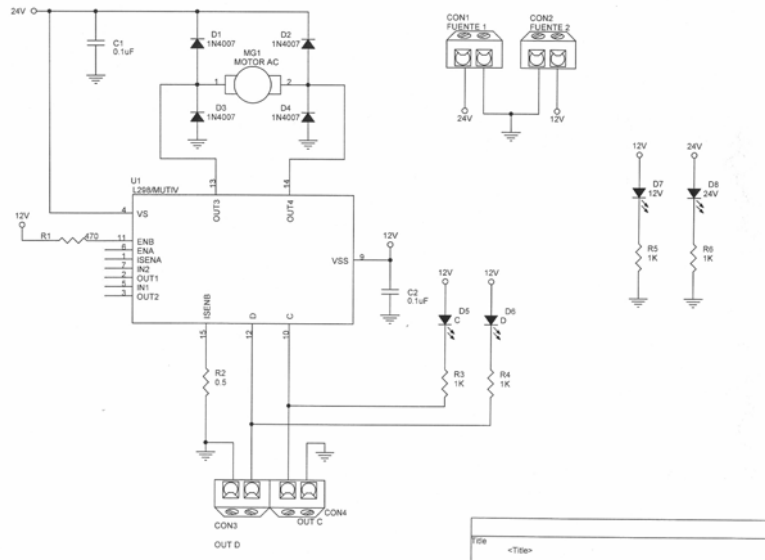
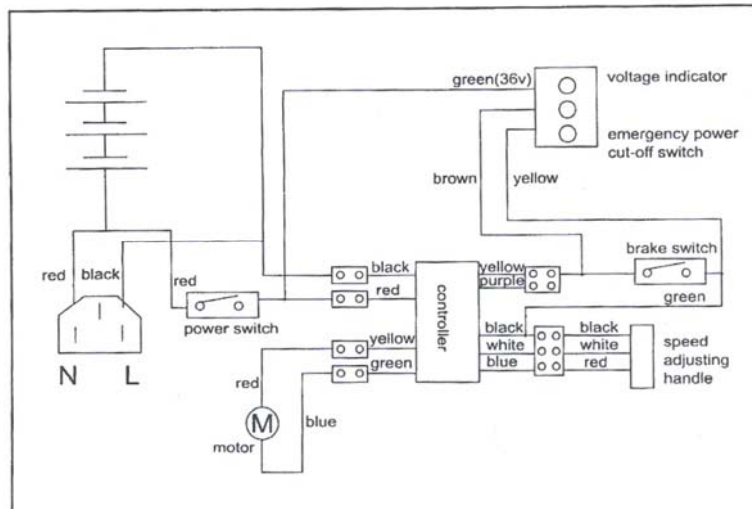


Este elemento es el resultado de una programación que parte de la experimentación, debido a las características del motor, está situado junto a las baterías y protegido por la tapa fabricada en fibra de vidrio, que lo protege de la temperatura externa, y a su vez está contenido en una carcasa de aluminio para evitar golpes accidentales que lo puedan descomponer.



La ignición se lleva a cabo con una llave especialmente tallada para el switch, lo que permite un producto final mas seguro contra el acceso de personas no autorizadas

## Diagrama de flujo del controlador de tracción y dirección

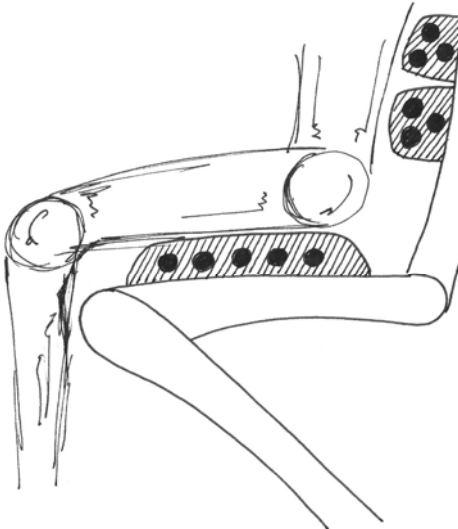


Fuente: Autor del proyecto

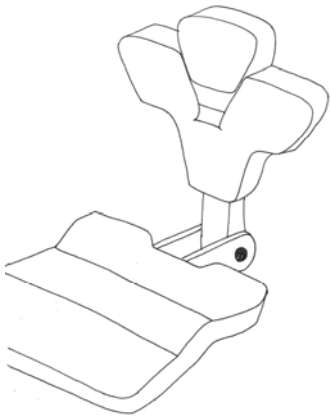
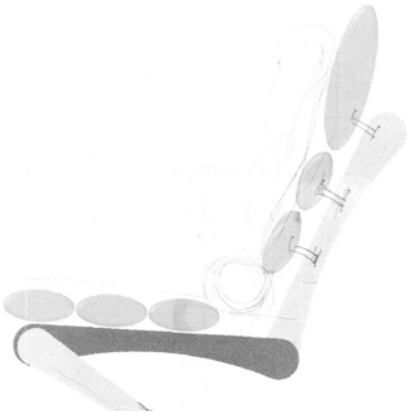
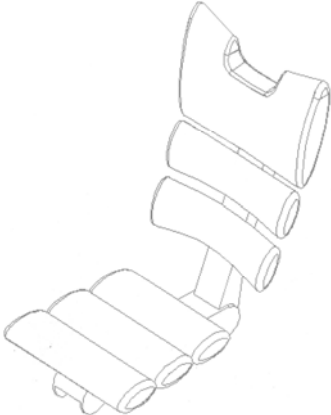
**4.3.1.3 Tapizado.** El tapizado es una de las zonas más importantes dentro del diseño de una silla de ruedas; una tela que no cumpla los requerimientos de uso del paciente puede ocasionar lesiones extra por aumentos de temperatura, dificultad en la transferencia de calor o acumulación de elementos nocivos que lesionen la piel<sup>15</sup>, solo por nombrar las causas mas importantes de las perjuicios por este elemento.

A continuación se presentan algunas etapas en el diseño de tapicería

**Tabla 39. Diseño de tapicería**

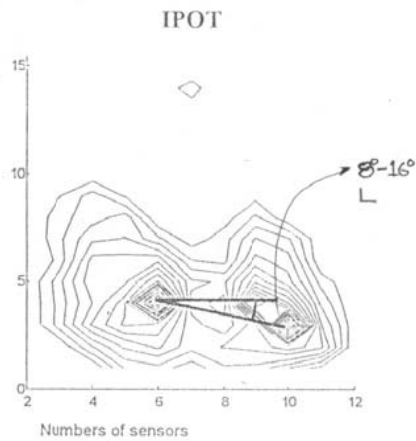
	<p>Inicialmente se plantea esta alternativa en la cual se insertan semisólidos de sección constante y de diferente densidad que la espuma del tapizado, logrando así un masaje constante en la zona apoyada, estimulando la circulación sanguínea y previniendo la formación de escaras. La dificultad en la realización de esta propuesta radica en la incertidumbre derivada de la estabilidad posicional de los elementos, y el conflicto en el desmonte para un posterior mantenimiento</p>
	<p>En esta propuesta se hace énfasis en la implementación de un apoyo cervical gradual, formalmente se hace un tratamiento que</p>

<sup>15</sup> Everest & Jennings Inc. Manual de Usuario. Modelo MX

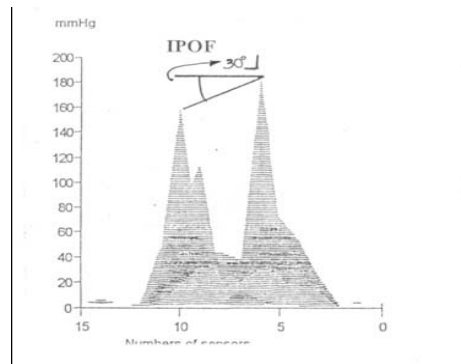
	<p>abstrae la espalda de la figura humana. A esta alternativa se abona el hecho de tener un elemento graduable para el reposo del cuello, sin embargo el apoyo lumbar es limitado, comparado con el área proyectada para la zona dorsal, siendo prioritario el apoyo en la zona baja de la espalda para evitar lesiones en las vértebras</p>
	<p>Distribución modulada de los elementos de tapizado montados sobre pernos, lo que permite graduar cada uno de los elementos según las necesidades del cliente, requiere para un buen funcionamiento de un preciso acople entre las roscas y un mantenimiento preventivo para conservar la posición de los módulos. Es necesario para su construcción de elementos de soporte individuales para añadirlos al chasis, elevando el costo final del producto. Presenta una ventaja importante al permitir hacer reparaciones locales en la zona afectada, sin tener que reponer zonas que no están averiadas.</p>
	<p>Vista isométrica de la propuesta anterior, se aprecian los módulos y la disposición del apoyo cervical</p>



Para la construcción del alternativa final, se segmentó el espaldar y el asiento en 3 zonas cada uno, se reformuló geoméricamente la disposición de los elementos según las zonas de presión obtenidas por estudios especializados en este tema (ver cuadro siguiente). El tapizado exterior está unido por costuras que no quedan a la vista, y al interior se segmentó la espuma para permitir la reparaciones locales. Todo el conjunto está sujeto a un bastidor polimérico que permite ocultar los detalles de construcción del elemento, y a su vez brinda un buen acabado exterior.



Orientación de la presión isquial en el Plano transversal.



Orientación de la presión isquial en Plano frontal.

*Fuente: Assessment of geometric and mechanical parameters in Wheelchair seating: IEEE Transactions on rehabilitation engineering, 1999.*

 <p><i>Cortesía: Rivera y Díaz, Tesis de grado. Universidad Industrial de Santander Pág. 208</i></p>	<p>El material de relleno en el tapizado está constituido por espuma de poliuretano rosada tipo D26 (<i>Ver Anexo 6</i>) de alta resistencia a la tensión y desgarre. En la superficie se ha añadido espuma de volutas; esta última se caracteriza por estimular la circulación sanguínea previniendo lesiones de piel, favorece el intercambio de calor y permite el continuo flujo de aire</p>
	<p>Telas empleadas en la construcción del tapizado final, se empleó el tipo Lafgard-Lafayette, lo cual garantiza una buena resistencia a la tracción, buen aspecto exterior y facilidad de consecución en el mercado</p>
	<p style="text-align: center;"><b>RESULTADO FINAL</b></p>

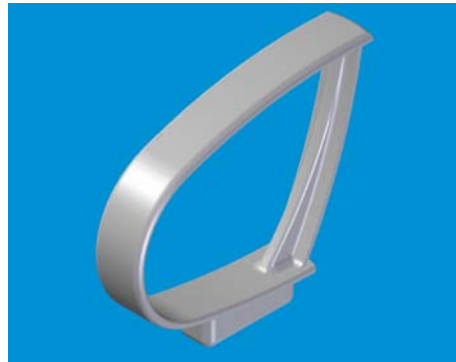
Fuente: Autor del proyecto

**4.3.1.4 Accesorios.** En el apartado siguiente se mencionan los elementos que mejoran la experiencia del usuario, justificando su implementación y revisando las etapas elementales de su fabricación.

- **Reposabrazos.** Esta pieza ha sido diseñada para el apoyo y descanso del el usuario; puede soportar la carga completa de incorporación (Máx. 100 Kg.) en cada elemento, y se ha montado sobre la platina inferior acoplada al bastidor del asiento, desde la cual se apoya el sistema de reclinado del espaldar

Esta pieza, para efectos de construcción se ha propuesto en un Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, brindando el soporte necesario al soportar la carga de trabajo, y para admitir acabados superficiales adecuados.

**Figura 46. Cuerpo del Reposabrazos**



Fuente: Autor del Proyecto

Para optimizar el servicio del reposabrazos, se ha añadido un accesorio que posee una almohadilla para el soporte del antebrazo, y un contenedor que igualmente opera como portavasos. Este elemento pivota alrededor de un pasador inserto en el cuerpo del reposabrazos, para que el usuario lo desplace al realizar la incorporación desde el asiento, logrando el soporte necesario para realizar esta actividad.

**Figura 47. Accesorio Reposabrazos**



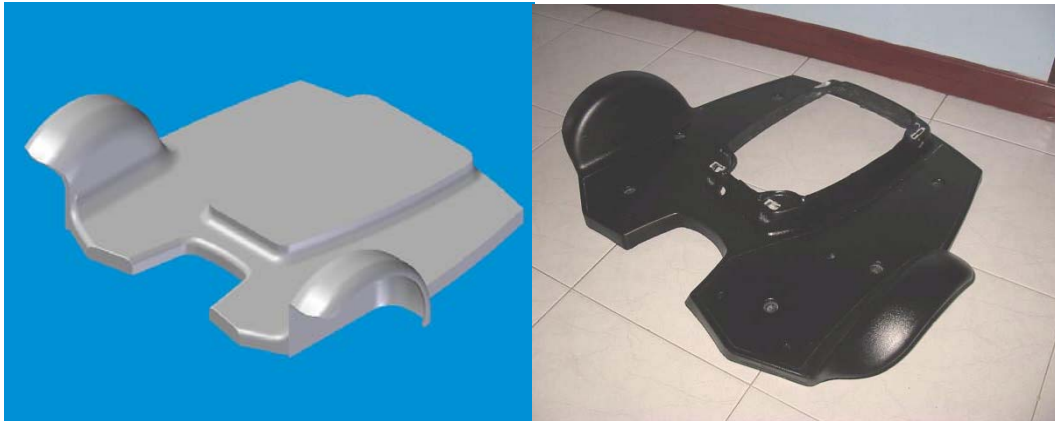
Fuente: Autor del Proyecto

Este accesorio se ha construido en PRFV, y para el conformado de la almohadilla se ha empleado la tela Lafgard- Lafayette utilizada en otros elementos de tapizado del producto, debido a sus buenas cualidades mecánicas y térmicas.

- **Plataforma reposapiés.** Sobre el chasis metálico se ha dispuesto una plataforma para el apoyo de los pies; con una superficie antideslizante se aprecia claramente la zona de proyección plantar, brindando un espacio suficiente para alojar las baterías en la zona media-posterior del elemento, maximizando el espacio disponible en esta sección.

Al igual que otras partes del producto, esta pieza se ha fabricado en Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, empleando tres capas de refuerzo (MAT) para hallar la mejor relación entre peso y resistencia; toda vez que la sobreestructuración en esta pieza generaría un peso extra no deseable en el producto.

**Figura 48. Modelado y Resultado Final de Plataforma**

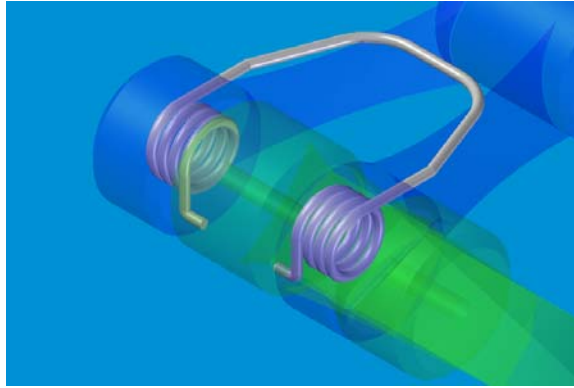


Fuente: Autor del Proyecto

- **Suspensión.** Para no transmitir las vibraciones recibidas en un impacto, se ha dispuesto un sistema suspensión escalonado compuesto por dos grupos de resortes de torsión. En la parte inferior del chasis se han acoplado dos de estos elementos, los cuales son solidarios al bastidor metálico que soporta las baterías, enlazándolo con el segundo elemento (diagonal) que rota alrededor de un pasador que parte del montaje metálico de la zona inferior. Este elemento diagonal se une al bastidor del asiento por medio de un resorte doble de torsión, a través de un eje se une los elementos.

Se ha empleado para la construcción de los resortes Acero al Carbono 1070 Cal. 3.50mm, debido a su buen rendimiento en aplicaciones de elementos dinámicos y vibración constante.

**Figura 49. Suspensión de elementos elevados**



Fuente: Autor del Proyecto

- **Maletín.** Como accesorio adicional, se ha implementado un maletín para que el usuario porte elementos como el cargador de baterías, y demás objetos de uso personal; generando valor agregado sobre el producto y mejorando la experiencia del usuario.

Éste contenedor brinda la facilidad de un cómodo mantenimiento al estar fabricado con lona impermeable y lavable, con una capacidad de cinco litros y tres anclajes que permiten su fijación segura al espaldar de la silla, aún si esta trabaja en terrenos con topografías complejas. Los anclajes están conformados por mosquetones metálicos de amplia consecución en el mercado, facilitando la labor de preservación de los elementos originales del producto.

**Figura 50. Maletín**



Fuente: Autor del Proyecto

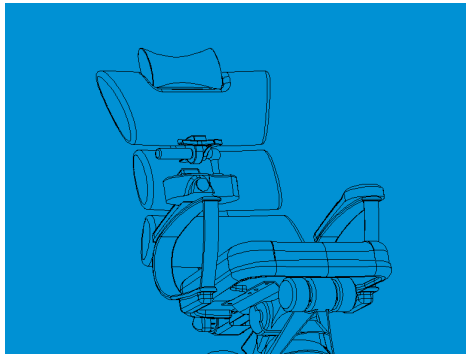
- **Desarrollos Especiales y Propuestas Formales**

Con el fin de mejorar el esfuerzo de diseño se muestran a continuación los desarrollos propuestos en el producto final, y que no son apreciables en el modelo físico presentado, pero que posteriormente representará mejoras importantes sobre el producto final.

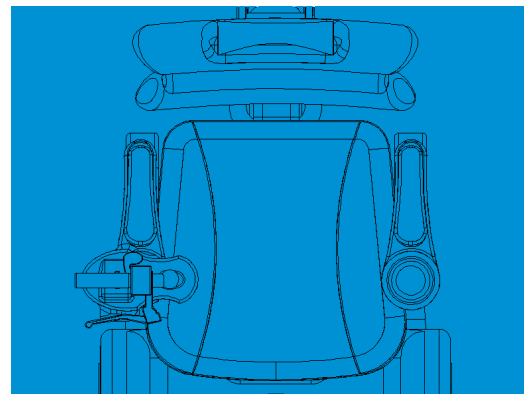
**Propuesta: *Espaldar Modulado y Graduable***

Para optimizar el apoyo lumbar, dorsal y cervical se presenta una concepción modulada del espaldar que puede ser graduada a satisfacción del usuario, evitando lesiones y aliviando la presión sobre ciertas zonas de la espina dorsal



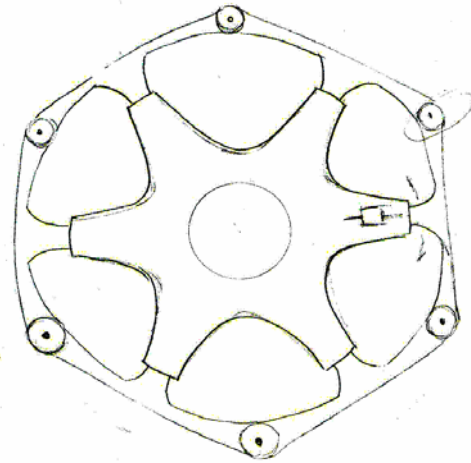
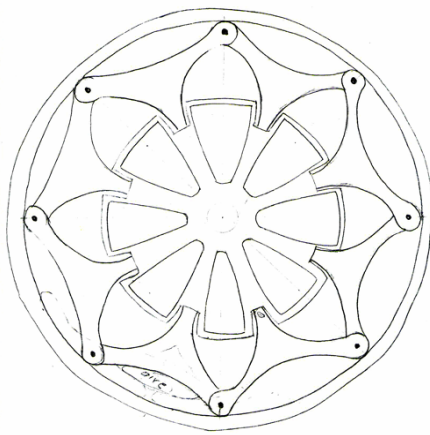


El tratamiento modular del espaldar no se repite sobre el asiento, ya que es inconveniente implementar ese mismo concepto debido al incremento de presiones sobre los glúteos y muslos del usuario, sin embargo la espuma tripartita y ensamblada se conserva para facilitar las reparaciones locales



<p><b>Accesorio: Contenedor para controles remoto</b></p> <p>Como una alternativa para la realización de las actividades al interior del hogar, se presenta un contenedor de objetos, especialmente pensado para albergar controles remotos y objetos de un formato no superior a 20x13 cm.</p> <p>Se aloja en la zona inferior del reposabrazo con el fin de facilitar su acceso</p>	
<p><b>Accesorio: Contenedor de Revistas y Periódicos</b></p> <p>Para obtener pequeños documentos impresos al alcance del usuario, se incorpora este contenedor que puede albergar una revista promedio o un periódico doblado por su mitad. Al ser sellado en todos sus lados puede contener documentos que el usuario prefiera llevarse cerca de si.</p>	
<p><b>Propuesta: Llanta maciza y con sistema propio de amortiguado</b></p> <p>Desarrollo presentado de acuerdo a los nuevos sistemas "Airless" propuestos por fabricantes de neumáticos para automóviles; el</p>	

rasgo diferenciador del diseño actual radica en la inserción de elementos al interior de la llanta que se deforman de acuerdo a la magnitud del impacto u obstáculo, y después de superarlo recuperan su forma original.





Fuente: Autor del proyecto

#### 4.4 REVISIÓN

El resultado obtenido de este proyecto desde la perspectiva del diseño industrial, es un producto que formalmente basa su solución en un módulo que se traslada a diferentes planos para formar volúmenes funcionales a nivel estético y estructural. La solución formal del chasis se basa en la concepción de un elemento central eslabonado, actuando de igual manera que la espina dorsal humana, la cual brinda *estabilidad, resistencia y versatilidad*. Teniendo en cuenta este y otros conceptos biomecánicos se ha diseñado una suspensión escalonada para minimizar los efectos nocivos de la trepidación, logrando así una estructura *estable* al concentrar inicialmente todos los esfuerzos en el eje de simetría, y dispersarlos gradualmente para evitar el desgaste de la estructura; de la misma forma el producto es muy *resistente*, debido a la implementación de materiales

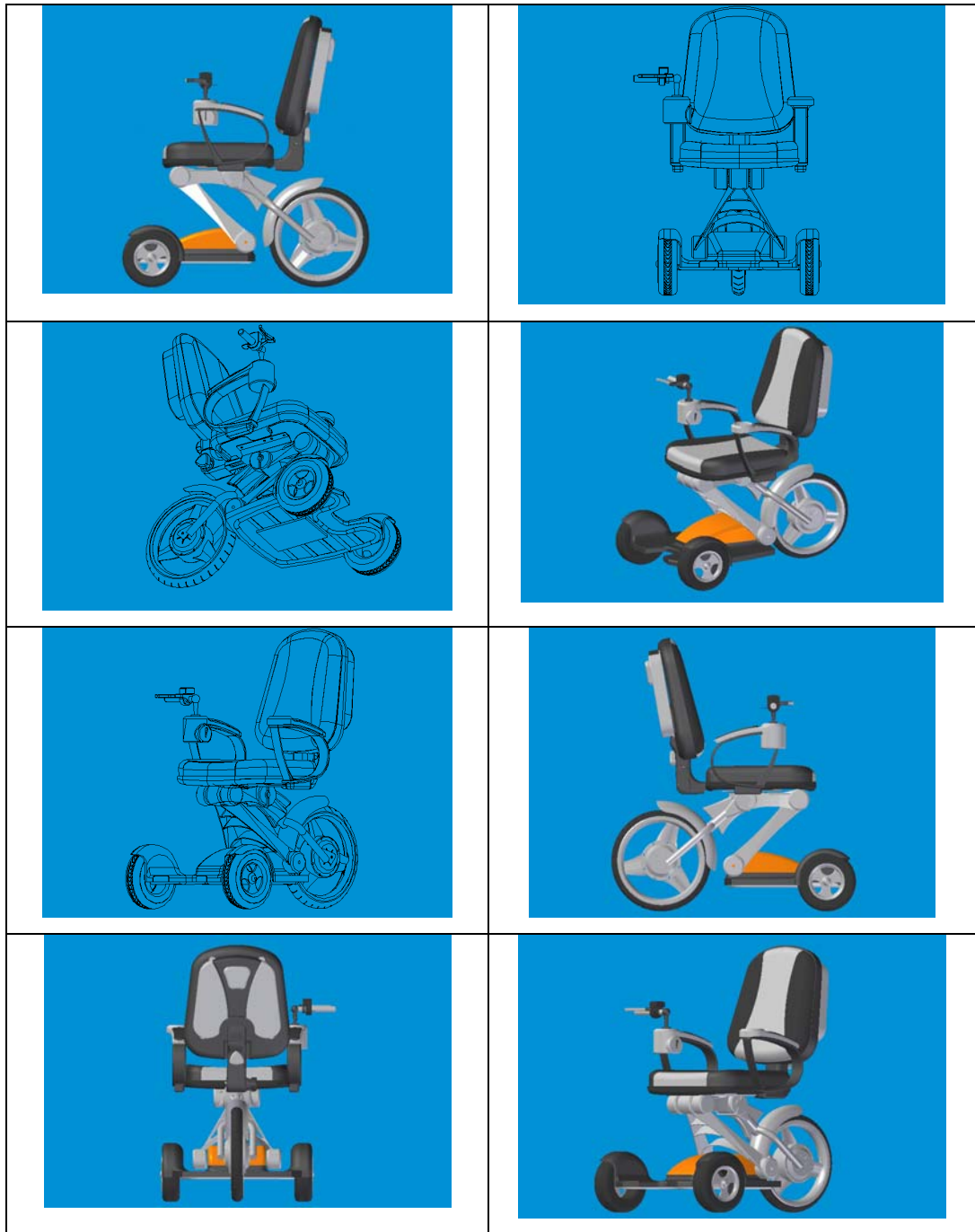
poco difundidos a nivel comercial en esta aplicación, y que poseen muy buenas cualidades mecánicas; y es igualmente *versátil* desde el punto de vista del mantenimiento, transporte y montaje de las piezas, llevando al usuario final un objeto que responde a necesidades de uso reales.

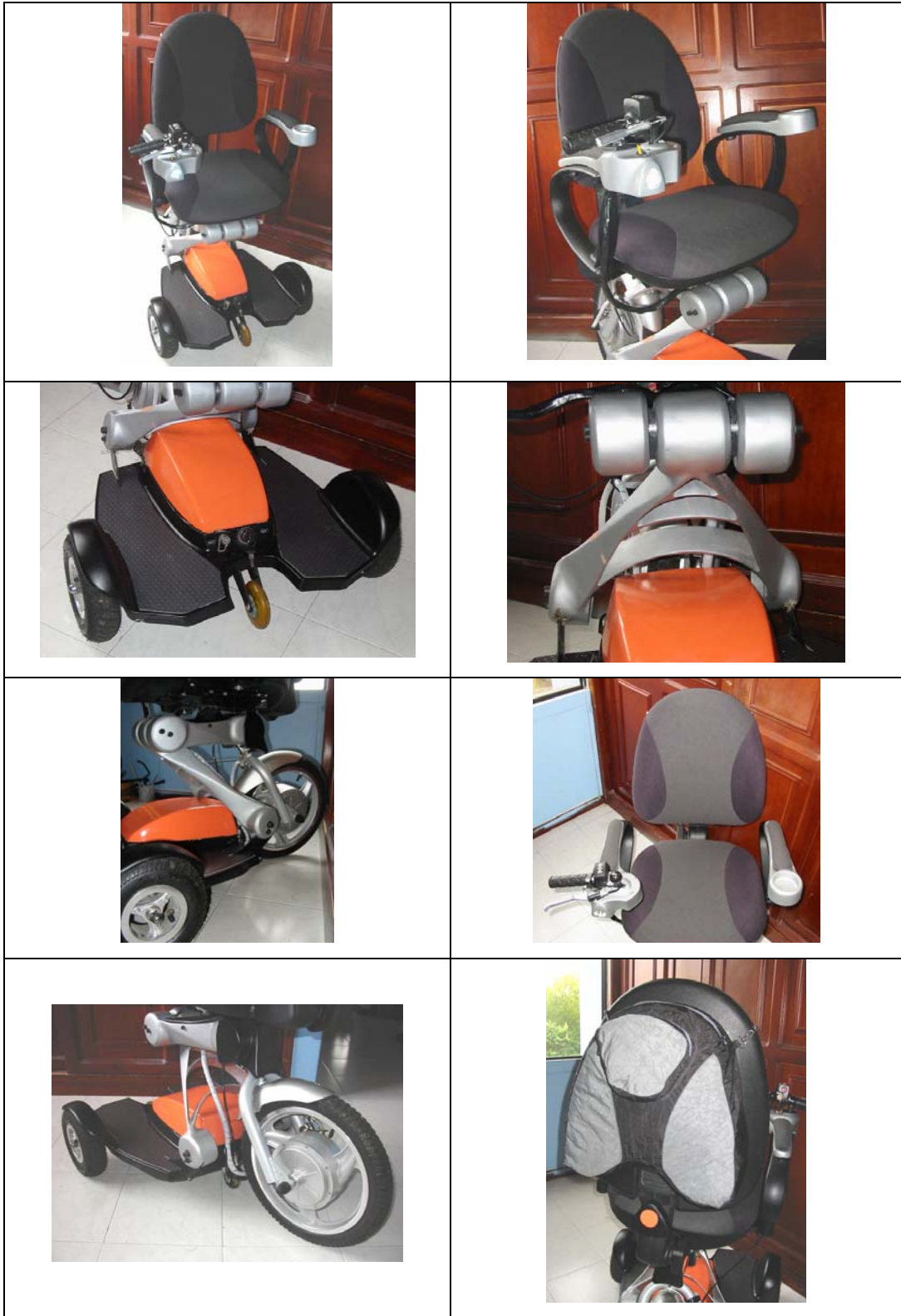
Las formas triangulares y circulares están asociadas con la mayoría de los elementos, dado su alto sentido de estabilidad y facilidad para enlazarse entre si, además de su practicidad con funciones asociadas a perillas y demás elementos de giro visual y/o funcional. Las proporciones de los elementos principales están determinadas por la sección áurea (0.618), lo cual es garantía de armonía dimensional, para de esta forma lograr una percepción acertada de seguridad, funcionalidad y nivel estético sobre el consumidor.

Por otra parte, los colores elegidos (principalmente gris y negro) buscan dar un sentido sobrio al objeto, además de facilitar las labores de mantenimiento propias del elemento. Se ha escogido para tal efecto un acabado brillante en ciertas zonas para resaltar cualidades estéticas del producto, teniendo en cuenta un concepto armónico en la selección de los colores para no perder la sobriedad antes mencionada.

En conclusión, el producto final es un objeto que se ha generado desde la proyección de los requerimientos de la población discapacitada, hacia la obtención de un elemento que pueda mejorar calidad de vida, aumentando su independencia, movilidad y confort.

Tabla 40. Producto Final





Fuente: Autor del Proyecto

## 5. TABLA DE COSTOS

SECUENCIA DE ACTIVIDADES			MANO DE OBRA			MATERIALES			
			Cantidad (HH)	Valor unitario (\$/HH)	Valor Total (\$)	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$/unidad respectiva)
<b>1. Elaboración del Tapizado</b>			<b>3,7</b>	<b>9.486</b>	<b>35.100</b>				
1.1	Cortar espuma según patrones		0,25	9.486	2.372	Espuma rosada (43x41x7 cm)	gr	35	542
						Espuma volutas (43x41x2 cm)	gr	50	664
1.2	Pegar espuma según patrones		0,45	9.486	4.269	Carcasas Asiento y Espaldar	Unidad	2	4.745
1.3	Montar en la carcaza		1	9.486	9.486				
1.4	Cortar tela según patrón		0,25	9.486	2.372	Tela gris 1,00 x 1,25 m	m	0,8	25.368
1.5						Tela negra 1,00 x 1,25 m	m	0,5	25.368
1.6	Coser		1,25	9.486	11.858	Consumibles (hilo)			
1.7	Dar acabado		0,5	9.486	4.743				
<b>2. Montaje Electro Mecánico</b>			<b>5</b>	<b>50.000</b>	<b>250.000</b>				
2.1	Montar las partes eléctricas y mecánicas según planos		5	50.000	250.000	Dirección	Unidad	1	250.000,00
						Tracción	Unidad	1	125.000
						Control	Unidad	1	125.000
						Baterías	Unidad	3	40.000
						Inversor de Marcha	Unidad	1	25.000
<b>3. Elaboración del Chasis</b>			<b>10,5</b>	<b>14.286</b>	<b>150.000</b>				
3.1	Hacer modelo de lámina metálica		1	14.286	14.286	Lámina Perforada	m2	0,12	100.000
3.2	Cortar rigidizantes y fibras		0,5	14.286	7.143	Rigidizantes y fibras	m	0,3	4.000
3.3	Preparar resina		0,5	14.286	7.143	Resina	Kg	5	7.000
3.4	Pegar 3.2 con la resina		1	14.286	14.286				
3.5	Catalizar por una hora			14.286	-				
3.6	Pulir		1	14.286	14.286				
3.7	Pintar		1	14.286	14.286	Pintura	gl	0,5	27.000
3.8	Perforar		0,5	14.286	7.143				
3.9	Montar		1	14.286	14.286				
3.10	Cortar tubo		0,25	14.286	3.571	Tubo	m	2	9.450
3.11	Doblar tubo		0,25	14.286	3.571				
3.12	Soldar platinas		0,5	14.286	7.143	Platinas	m	1	13.500
3.13	Perforar		0,5	14.286	7.143				
3.14	Montar ruedas		1	14.286	14.286	Ruedas	Unidad	3	31.500
3.15	Sincronizar		1	14.286	14.286				
3.16	Pintar		0,5	14.286	7.143				
<b>4. Elaboración de Accesorios</b>			<b>2</b>	<b>13.500</b>	<b>27.000</b>				
4.1	Cortar piezas de lona para maletín según patrón		0,25	12.000	3.000	Lona	m	1	6.000
4.2	Coser		0,5	12.000	6.000				

## CONCLUSIONES

- El resultado obtenido es un objeto de diseño industrial pensado para una necesidad de mercado real, supliendo las exigencias del usuario en términos de eficiencia, confort y economía.
- Se emplearon elementos que tecnológicamente ofrecieran el mejor desempeño, logrando una alternativa de diseño con ventajas competitivas sobre la oferta existente.
- Se incursionó en el desarrollo de productos para movilización, los cuales son susceptibles de ser mejorados progresivamente para competir con marcas reconocidas en el mercado.
- Se han minimizado el número de elementos del producto, facilitando su mantenimiento o reemplazo por partes comercialmente existentes.
- Los materiales metálicos empleados en esta aplicación, han sido combinados con materiales poliméricos para disminuir el peso total del conjunto, sin comprometer estructuralmente el elemento.
- La ergonomía se ha aplicado en todos los niveles de la interfase para mejorar la experiencia del usuario, por medio de elementos personalizables estética y funcionalmente.
- Un alto porcentaje del montaje electromecánico ha sido diseñado para que el usuario no realice mantenimientos preventivos posteriores a la compra, siendo esto una característica diferenciadora a nivel comercial.

- La suspensión tal y como fue concebida en este proyecto es viable siempre y cuando se incorporen los materiales adecuados y con la técnica necesaria, en el modelo se muestra su ubicación y diseño, pero los procesos de manufactura locales no permitieron un acoplamiento adecuado entre las partes por esta razón es deseable tratar este tópico a profundidad para un desempeño adecuado del producto
- Para mejorar el sistema de direccionamiento es necesario estandarizar las características del motor que desempeña esta función, para lograr un equilibrio ideal entre la situación de trabajo de este y las exigencias sobre la tarjeta y el driver
- La presentación ideal del cableado debería permitir un mantenimiento rápido de los componentes, para lo cual es recomendable emplear cable espiralado que mejora el desempeño y la presentación visual del montaje eléctrico

## RECOMENDACIONES

- Para que la silla pueda funcionar correctamente, es necesario visualizar constantemente el nivel de carga de las baterías, y usar el cargador solo cuando sea necesario para prolongar la vida útil de las mismas.
- Las baterías deben reemplazarse cuando el tiempo entre cargas sea muy reducido, deben emplearse necesariamente tres (3) baterías de doce voltios 12v.
- Debe evitarse hacer mantenimientos preventivos a la rueda motor por personal no calificado, toda vez que su montaje es muy compacto, y pueden cometerse errores de armado que derivan en la inutilización de este importante elemento.
- No se harán modificaciones al chasis que impliquen concentraciones de esfuerzos extra, como perforaciones, acanaladuras etc.; esto puede comprometer estructuralmente el producto.
- La suspensión debe reemplazarse cada 12 meses para garantizar que funcione adecuadamente; no deben hacerse reparaciones sobre los resortes, ya que pueden desestabilizar el elemento en un punto crítico de falla.
- Sobre el tapizado se deben hacer reparaciones locativas debido a la distribución independiente del espumado, o si el usuario lo prefiere puede reemplazar la pieza de tela en su totalidad, siempre y cuando lo realice en un profesional
- La remoción del espumado debe realizarse cada 2 años, para garantizar un óptimo funcionamiento principalmente del asiento y el espaldar.

- No se recomienda emplear el producto sobre terrenos sobre los cuales puedan enterrarse las ruedas de apoyo del chasis, ya que inevitablemente esto generaría un atascamiento del producto
- Las únicas zonas que deben lubricarse son los ejes de las ruedas delanteras, el tornillo de la dirección y los pasadores del chasis; evitando salpicaduras y derrames

## BIBLIOGRAFÍA

**BEER**, Ferdinand, **RUSSELL J, E Jr.** Mecánica de Materiales. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia. 1993.

**BOYLE**, Godfrey. Renewable Energy. Power for a sustainable future. Oxford University Press & the Open University. London. 1996.

**CRONEY** John, Antropometría para diseñadores, 1982.

**CROSS**, Nigel. Engineering Design Methods. Wiley & Sons Inc. New York. 2002.

**DÍAZ** Teresa y **RIVERA** Julián. Silla de ruedas controlada automáticamente para discapacitados. Diseño y Construcción. Universidad Industrial de Santander. 2005.

**DOCZY, György.** The Power of limits. Proportional Harmonies in Nature, Art and Architecture. Editorial Shambhala. 1994.

**DSM MÉXICO.** Resinas Poliéster y Plásticos Reforzados. 10º Edición. 1986.

**DYNAMIC SOLUTIONS.** Annual Brochure. 2002.

**GUEVARA**, Eduardo. Coherencia Formal. Universidad Industrial de Santander. 1995.

**JACKSON** Jhon y **WIRTZ** Harold. Estática y resistencia de Materiales. McGraw Hill. 1985.

**LÓPEZ, MUÑOZ, PUENTE, BARBERÁ, CORT, SANCHEZ, PRAT.** ¿Como obtener productos de alta usabilidad? Instituto de Biomecánica de Valencia. 2003.

**MALTAIS, DANSEREAU, AISSAOUI, LACOSTE.** Assessment of the Geometric and Mechanical Parameters in Wheelchair seating. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering. 1999.

**MARZAL, DIEGO y RAMÍREZ,** Diseño de Producto. Métodos y técnicas. Universidad Politécnica de Valencia. Editorial AlfaOmega. 2004.

**NORTON,** Robert. Diseño de Maquinas. McGraw Hill. 2000.

**PAGE,** Alvaro. Guia de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico. Instituto de Biomecánica de Valencia.

**PANERO Julius y ZELNIK Martín.** Las dimensiones humanas en los espacios interiores. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

**Popular Mechanics.** Nº 58/08. 2005.

**RODRÍGUEZ,** Gerardo. Manual de Diseño Industrial. Gustavo Gili. 1994.

**VATENFALL.** Annual Report 1999.

**Enlaces WEB:**

[www.americanhistory.si.edu/disabilityrights/exhibit.html](http://www.americanhistory.si.edu/disabilityrights/exhibit.html)

[www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_226.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_226.htm)

[www.hrea.net](http://www.hrea.net)

[www.training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo](http://www.training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo)

[www.encolombia.com/orto11297cuadriplejia.htm](http://www.encolombia.com/orto11297cuadriplejia.htm)

[www.monografias.com/trabajos16/discapacidad-y-familia/discapacidad-y-familia.shtml](http://www.monografias.com/trabajos16/discapacidad-y-familia/discapacidad-y-familia.shtml)

[www.monografias.com/trabajos16/medula-espinal-paraplejia/medula-espinal-paraplejia.shtml](http://www.monografias.com/trabajos16/medula-espinal-paraplejia/medula-espinal-paraplejia.shtml)

[www.tecnum.net/electricas.htm](http://www.tecnum.net/electricas.htm)

[www.redtelework.com](http://www.redtelework.com)

[www.segway.com](http://www.segway.com)

[www.dupont.com](http://www.dupont.com)

[www.andercol.com.co](http://www.andercol.com.co)

[www.dynamic-controls.co](http://www.dynamic-controls.co)

[www.imagina.org](http://www.imagina.org)

[www.ergonomia.cl//bv/silla.html](http://www.ergonomia.cl//bv/silla.html)

[www.triz40.com/aff\\_Matrix.htm](http://www.triz40.com/aff_Matrix.htm)

## **ANEXOS**

## ANEXO A. LA DISCAPACIDAD DESDE LA PERSPECTIVA LEGAL

### . DISCAPACIDAD Y PERSONAS CON DISCAPACIDADES

Las personas con discapacidades pueden ejercer sus derechos civiles, políticos, sociales, económicos y culturales de la misma manera que las demás personas. La discapacidad "resume una gran cantidad de diferentes limitaciones que ocurren en cualquier población, de cualquier país del mundo. Las personas pueden ser discapacitadas a causa de algún impedimento físico, intelectual o sensorial; de alguna condición médica o por enfermedad mental. Dichos impedimentos, condiciones o enfermedades pueden ser por su naturaleza permanentes o temporales. Se utilizan diferentes expresiones al referirse a personas con discapacidades. Por ejemplo, el término "personas discapacitadas" podría ser malinterpretado si se asume que la habilidad del individuo para funcionar como persona ha sido incapacitada. Esta guía utiliza el término "personas con discapacidades", el cual es consistente con el lenguaje utilizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

La ONU estima que actualmente hay 500 millones de personas con discapacidades en el mundo. Esta cifra aumenta cada año debido a diversos factores tales como la guerra y la destrucción, las condiciones de vida insalubres, o la falta de conocimiento acerca de la discapacidad, sus causas, prevención y tratamiento.

La mayoría de las personas con discapacidades vive en países menos desarrollados donde la gente no tiene acceso a servicios básicos, como el servicio médico. Asimismo, existe una clara relación entre la pobreza y la discapacidad. El riesgo de que se deteriore la situación es más grande para una persona que vive en un estado de pobreza, puesto que un miembro discapacitado de una familia demanda más recursos en ésta.

#### ***Avance de las normas para los discapacitados***

Los trabajos que realiza la ONU representan las acciones más importantes tomadas por una organización internacional en el área de discapacidad. Basándose en la [Carta Internacional de Derechos Humanos](#). En 1981, la Asamblea General declaró el Primer Año Internacional de las Personas Discapacitadas. Asimismo, éste fue seguido por el Programa de Acción Mundial para las Personas con Discapacidad en 1982 y la Década de las Personas Discapacitadas en 1983-1992. En los 90's todas las conferencias de la ONU

trataron sobre los derechos de los discapacitados y refirieron la necesidad de instrumentos protectores (Conferencia Mundial de Derechos Humanos 1993). En la actualidad, el Comité Ad Hoc de Discapacidades está en el proceso de creación de una convención que proteja a las personas discapacitadas a nivel internacional. La Unión Europea ha demostrado un alto nivel de conciencia, el año del 2003 fue declarado el [Año Europeo de las Personas con Discapacidad](#). Algunas otras participaciones incluyen la Década de las Personas con Discapacidad en Asia y el Pacífico (1993-2002), la Década Africana de las Personas con Discapacidad (2000-2009), y la Década Árabe de las Personas con Discapacidad (2003-2012).

### ***Derechos Universales***

Las personas con discapacidades son discriminadas con base en prejuicios de la sociedad y la ignorancia. Asimismo, debido a la falta de acceso a los servicios básicos, éstas no gozan de las mismas oportunidades que las demás personas.

El derecho humano internacional establece que cada persona tiene:

1. El derecho a la igualdad ante la ley
2. El derecho a no ser discriminado
3. El derecho a la igualdad de oportunidades
4. El derecho a una vida independiente
5. El derecho a la integración total
6. El derecho a la seguridad

Las normas que se refieren a la discapacidad son frecuentemente dominadas por la noción de "igualdad de oportunidades", lo cual significa que la sociedad debe de emplear sus recursos de tal manera que todo individuo, incluyendo a las personas con discapacidades, tenga una igualdad de oportunidades de participar en la sociedad.

### ***Entidades Mundiales***

#### **1. Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) (artículos 3, 21, 23 y 25)**

La DUDH fue adoptada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas en 1948, y establece normas uniformes de derechos humanos aceptados por los Estados miembros. La DUDH contiene las bases normativas que guían la formulación de estándares que existen hasta hoy y que se refieren a las personas con discapacidades. En el artículo 25 (1) la DUDH menciona específicamente los derechos socio-económicos de las personas con discapacidades: el derecho a un nivel de vida adecuado, incluyendo comida, vestido, habitación y servicios médicos y sociales, y el derecho a servicios sociales

en el caso de desempleo, enfermedad, discapacidad, viudez, vejez. El artículo 7 garantiza la igualdad ante la ley y la protección por igual de la ley para todas las personas, incluso en contra de la discriminación

## **2. Comentario General hecho por el Comité sobre los Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1994)**

Crea obligaciones para los Estados a fin de eliminar la discriminación de las personas con discapacidades en cuanto a la igualdad de derechos entre hombres y mujeres (doble discriminación) (artículo 3 PIDESC), trabajo (PIDESC artículos 6-8), seguridad social (artículo 9), protección de la familia (artículo 10), condiciones de vida adecuadas (artículo 11), derecho a atención física y mental (artículo 12), derecho a la educación (artículos 13 y 14) y el derecho a formar parte de la vida cultural y disfrutar de los beneficios del progreso científico (artículo 15).

## **3. Declaración de los Derechos del Retrasado Mental (1971)**

Esta declaración fue proclamada por la Asamblea General de la ONU y establece que: "El retrasado mental debe gozar, hasta el máximo grado de viabilidad, de los mismos derechos que los demás seres humanos."

## **4. Declaración de los Derechos de los Impedidos (1975)**

Esta declaración adoptada por la Asamblea General de la ONU es el primer documento que trató de definir el término "discapacidad". La Declaración incluye tanto una serie de derechos económicos y sociales, como derechos civiles y políticos.

## **5. Convenio (N. 159) sobre la readaptación profesional y el empleo (personas inválidas) (1983)**

Este tratado de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), organismo especializado de la ONU, obliga a los Estados a "formular, aplicar y revisar periódicamente la política nacional sobre la readaptación profesional y el empleo de personas inválidas" (artículo 2). Este tratado también enfatiza el principio de igualdad de oportunidades: "medidas positivas especiales encaminadas a lograr la igualdad efectiva de oportunidades y de trato entre los trabajadores inválidos y los demás trabajadores no deberán considerarse discriminatorias respecto de estos últimos" (artículo 4).

## **6. Convención sobre los Derechos del Niño (1989) (artículos 2, 6, 12, 23, 28)**

Este tratado se refiere a la discapacidad como una causal prohibitiva de discriminación (artículo 2). Asimismo, el artículo 23 trata sobre los derechos de los niños con discapacidad y establece que éstos gozarán de "una vida plena y decente" con dignidad y participación en la comunidad.

## **7. Normas Uniformes sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad (1993)**

Adoptadas por la Asamblea General en 1994 después de la Década de las Personas Discapacitadas, las Normas Uniformes no constituyen un documento legalmente obligatorio para los Estados miembros. Sin embargo, las Normas Uniformes son el conjunto de normas de derechos humanos más completo en lo que se refiere a normas sobre discapacidad hasta hoy, y representan "el firme compromiso moral y político de los Estados de adoptar medidas para lograr la igualdad de oportunidades." El documento establece precondiciones de igualdad de participación, áreas específicas de igualdad de participación, disposiciones de ejecución y mecanismos de supervisión.

## **8. Declaración de Beijing sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (2000)**

Esta declaración fue adoptada en la Conferencia Cumbre Mundial de ONGs sobre Discapacidad, y hace un llamado para mejorar los estándares de vida, la igualdad de participación y la eliminación de actitudes y prácticas discriminatorias.

## **9. Carta Europea Social (1961) (artículo 15)**

La Carta actúa de la misma manera que la Convención refiriéndose a los derechos sociales y económicos, como el derecho a trabajar, o el derecho a la seguridad social. La Carta fue el primer tratado de Derechos Humanos que explícitamente mencionó el término discapacidad.

Asimismo, la Asamblea Parlamentaria del Consejo Europeo ha adoptado algunas Recomendaciones relativas a normas para las personas con discapacidades:

## ANEXO B. ENCUESTA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL - ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Bucaramanga, Julio \_\_\_\_ de 2004

ENCUESTA REALIZADA POR \_\_\_\_\_

Buenos días/tardes:

Con el objeto de reunir información que permita hacer un diseño experimental de mecanismos de movilización autoimpulsados y cumplir con el objetivo de nuestro proyecto de grado, estamos realizando una serie de preguntas específicas sobre el tema, por lo cual le agradecemos responder a las siguientes preguntas de la manera mas exacta y veraz posible. aseguramos que la información por usted brindada es totalmente confidencial y no será usada para propósitos diferentes a los aquí expuestos. Sus datos personales podrán ser usados para efectos de verificación de las encuestas.

1. Nombre \_\_\_\_\_
2. Sexo M  F  3. Edad \_\_\_\_\_ 4. Teléfono \_\_\_\_\_ 5. Barrio \_\_\_\_\_
6. Ocupación \_\_\_\_\_ 7. Estado Civil Soltero  Casado  U. Libre  Viudo
8. No. de Hijos \_\_\_\_\_ 9. Con quien vive? Solo  Familiar  Enfermero  Recibe visitas diarias
10. Qué mecanismo de ayuda para moverse utiliza usted?  
Silla de Ruedas Simple  Caminador  Mecanismos de elevación  Silla ruedas eléctrica  Otro  Cual? \_\_\_\_\_
11. Por cuanto tiempo ha utilizado silla de ruedas?  
Un año o menos  Entre 1 y 3 años  Entre 3 y 5 años  Entre 5 y 10 años  Mas de 10 años
12. En que situaciones necesita usted con mayor frecuencia la silla de ruedas?  
Movilizarse en su hogar  Desplazarse hasta y dentro del trabajo  Dar paseos cortos al aire libre  Movilizarse distancias considerables
13. Necesita usted ayuda adicional para impulsar su silla? Si  No  Solo para esfuerzos mayores
14. Durante cuanto tiempo al día usa usted la silla?  
Menos de 2 h  Entre 2 y 4 h  Entre 4 y 8 h  Entre 8 y 12 h  Mas de 12 h
15. Que características tiene su silla actual?  
Silla regular no ajustable  Silla regular ajustable  Silla eléctrica no ajustable  Silla eléctrica ajustable  Otra  Cual? \_\_\_\_\_
16. Que otras utilidades le ofrece la silla que usa actualmente, además de la simple movilización?  
Elevación  Plegable  Adaptable al vehículo  Otros  Cuales? \_\_\_\_\_
17. Cual diría usted que es la principal ventaja de su silla actual, además de su función de movilización?  
Costo  Funcionalidad  Adaptabilidad  Autoimpulso  Autonomía de movimiento/ Equalizable   
Otra  Cual? \_\_\_\_\_

18. Que característica valoraría más en un mecanismo de ayuda para su movilización?

Costo  Funcionalidad  Adaptabilidad  Autoimpulso  Autonomía de movimiento/ Equalizable   
Otra  Cual? \_\_\_\_\_

19. Cual es la principal desventaja que encuentra en su silla actual?

Costo  Costos asociados  Poca funcionalidad  Escasa adaptabilidad  Poca confiabilidad   
Dependencia de otras personas para el uso  Efectos secundarios/ Lesiones  Dificultad en el manejo  Requiere mucho mantenimiento   
Otra  Cual? \_\_\_\_\_

20. Cual considera que sería el mayor impedimento para cambiar su silla por un nuevo diseño?

Costo de la nueva silla  Aumento en los costos por el uso  Dificultad en su manejo  Dependencia de otras personas para el uso  Efectos secundarios   
Otro  Cual? \_\_\_\_\_

21. De las siguientes utilidades, cuales cree que le podría brindar una silla de ruedas?

Terapia Asociada  Uso adicional (mesa, silla-cama, oficina móvil, ...)  Otros  Cuales? \_\_\_\_\_

Explique \_\_\_\_\_

22. Cuanto tiempo hace desde que compro su última silla de ruedas? (la que usa actualmente)

Ultimo año  Entre 1 y 3 años  Entre 3 y 5 años  Entre 5 y 10 años  Mas de 10 años

23. Cuando tiene pensado cambiar su silla?

Este año  Próximos 1-3 años  Próximos 3-5 años  Después de 5 años  No ha pensado cambiarla

24. Para usted un cambio de silla de ruedas sería conveniente si el sistema de pago es:

Contado  Tarjeta de Crédito  Financiación  No le parece conveniente  Otra facilidad

Cual? \_\_\_\_\_

25. A través de que fuente obtuvo mejor información para tomar la decisión de donde comprar su silla?

Médico  Recomendación  Clasificados/ Pág. amarillas  Internet  Revistas especializadas   
Otro  Cual? \_\_\_\_\_

26. Con que frecuencia consulta usted esta fuente?

Diaric  Quincenal  Semanal  Mensual  Trimestral  Semestral  Anual

27. Aproximadamente por cuanto tiempo consulta esta fuente (cada vez)?

Menos de 5 min.  5-10 min.  10-30 min.  30-60 min.  1 - 3 h  Mas de 3 h

28. Califque la influencia que podrian tener estos canales en una probable decision de compra

	Muy alta	Alta	Media	Baja	Nula
Médico					
Amigo/ Familiar					
Clasificados/ Pág. amarillas					
Internet					
Revistas especializadas					

30. Compró la silla a un vendedor local? Si  No  Por que? \_\_\_\_\_

31. En caso de no haber comprado a un vendedor local, en donde compró la silla de ruedas? \_\_\_\_\_

32. Que servicios adicionales gratuitos obtuvo?

Mantenimiento  Entrega a Domicilio  Asesoría  Terapias  Otro  Cual? \_\_\_\_\_

33. Que inconvenientes ha tenido con su vendedor?

Incumplimiento en  Mala calidad  Mal servicio  Incumplimiento de  Otro  Cual? \_\_\_\_\_  
la entrega servicios adicionales

No ha tenido inconvenientes

FIN

Comentarios Adicionales ( Sugerencias y/o notas personales acerca del tema en cuestión)

9

Muchas gracias por su atención y su tiempo!!!!



## ANEXO D. CATÁLOGO DE CRISTALAN 809

### CRISTALÁN 809

#### GENERALIDADES

El CRISTALÁN 809 es una resina poliéster ortoftálica, tixotrópica y preacelerada.

El CRISTALÁN 809 presenta características de rápida impregnación en procesos de moldeo por contacto, que minimizan los requerimientos de mano de obra y optimizan los costos del proceso de laminación.

El CRISTALÁN 809 se fabrica bajo licencia y asesoría de Scott Bader Limited (Inglaterra) y está aprobada por la compañía inglesa "Lloyds Register of Shipping" para la construcción de embarcaciones bajo su supervisión.

#### CARACTERÍSTICAS

El CRISTALÁN 809 reduce el tiempo de impregnación de la fibra de vidrio en un 15 a 20%. Debido a la facilidad de impregnación del refuerzo, es muy apropiado para la fabricación de laminados con alto contenido de vidrio, o para la construcción de laminados gruesos, en los que se emplea tela mat o roving tejido de alta densidad (1.200 g/m<sup>2</sup>).

La menor temperatura exotérmica de CRISTALÁN 809 permite la aplicación de varias capas consecutivas de resinas y refuerzo dando en consecuencia una tasa de producción mayor y un menor tiempo de rotación de los moldes.

Se puede emplear sin modificación en la mayoría de equipos "spray" y su tixotropía evita el chorreo en superficies verticales o inclinadas cuando se usa con tela mat.

#### 1. Formulación

Para curado en frío se recomienda la fórmula siguiente:

Materiales	Partes por peso
CRISTALÁN 809	100
MEK peróxido (9% ox. activo)	1 a 2.5

Obsérvese que la resina sólo requiere la adición del catalizador (MEK peróxido) para iniciar el curado, puesto que viene preacelerada.

#### 2. Curado

La temperatura ambiente y la cantidad de catalizador controlan el tiempo de gel de la resina.

El curado nunca se debe realizar a temperaturas inferiores a 15°C porque

no se alcanzan buenas propiedades mecánicas en el laminado.

Con el curado a temperatura ambiente se obtienen laminados satisfactorios para muchas aplicaciones. Sin embargo, cuando se requieren óptimas propiedades y buen desempeño a largo plazo, el laminado se debe postcurar durante un periodo de 3 horas a 80°C o por más tiempo a menor temperatura.

### 3. Aditivos especiales

El CRISTALÁN 809 se puede pigmentar hasta con 5% (por peso) de nuestras pastas pigmentadas CRISTACOLOR®. Si se desea agregar "pasta retardante al fuego" (31190) o carga, debe tenerse en cuenta que se pueden afectar adversamente las características especiales de manejo de la resina.

### CAMPOS DE APLICACIÓN

Los laminados de CRISTALÁN 809 tienen excepcional resistencia al agua y excelentes propiedades mecánicas lo cual hace esta resina muy apropiada para la fabricación de cascos de botes, cabinas para carros y moldeo industriales y de propósito general.

### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

La información detallada para el manejo seguro de este material se encuentra en la respectiva "Hoja de Seguridad de Materiales".

El CRISTALÁN 809 está clasificado como "líquido inflamable" según norma Icontec 1.692 (división 3.3), pues tiene un punto de inflamación de 31°C (crisol cerrado) y por tanto debe mantenerse alejado de llamas abiertas.

Se recomienda almacenarlo a temperaturas inferiores a 20°C para obtener la máxima estabilidad. Téngase en cuenta que esta resina es preacelerada y por lo tanto tiene menor estabilidad que una resina normal.

Se suministra en tambores metálicos de 230 kilos o en tanques pequeños de 2.000 kilos para quien lo desee.

El CRISTALÁN 809 tiene un tiempo de vida equivalente a seis meses desde el momento de su fabricación.

### ASISTENCIA TÉCNICA

La parte primordial de cada producto de **andercol s.a.** es el soporte técnico que garantizamos a nuestro cliente.

Cada despacho de nuestros productos está respaldado por un laboratorio de servicio técnico con personal altamente calificado, el cual, con un conocimiento completo de los

## ESPECIFICACIONES CRISTALÁN 809

Características	Valor	Método andercol N°
Apariencia	Rosada turbia	IT-1.01
Valor ácido	32 máximo	IT-1.14
Viscosidad Brookfield (cps), 25°C		IT-1.06
(Aguja 2, 20 r.p.m., 5 minutos)	1100 - 1300	
(Aguja 2, 20 r.p.m., 10 minutos)	490 - 710	
(Aguja 2, 2 r.p.m., 5 minutos)	1010 - 1290	
% Sólidos	58 - 62	IT-1.11
Tiempo de gel (minutos), 25°C *	9 - 12	IT-3.04
Reactividad:		IT-3.04
Temperatura de exotermia (°C)	145 - 165	
Tiempo de exotermia (minutos)	20 - 26	
Molienda	5 mínimo	IT-1.04

\* Tiempo de gel:  
100 gramos de CRISTALÁN 809.  
1 ml de MEK-peróxido.

**andercol s.a. se reserva el derecho de modificar esta literatura técnica sin previo aviso.**

La información y recomendaciones que aparecen en esta publicación son, a nuestro entender enteramente confiables. Las sugerencias ofrecidas para usos o aplicaciones son solamente la opinión de

andercol s.a. Los consumidores deberán hacer sus propias pruebas para determinar el comportamiento de estos productos en sus objetivos específicos.

andercol s.a. no da garantías de tipo alguno exceptuando las que se ajustan a las especificaciones estándar del producto.

## ANEXO N° 2

Propiedades típicas de un laminado de **CRISTALÁN 809** con tela mat (1).

<b>Propiedades</b>	<b>Laminado control</b>
Contenido de vidrio %	30
Resistencia a tensión MPa	90
Módulo tensil GPa	8,3
Resistencia a flexión, MPa	165
Módulo de deflexión GPa	5.6
Elongación en ruptura %	1,42

(1) Con 2 capas de mat de 450 g/m<sup>2</sup> Métodos de prueba según BS 2782: 1976.

## ANEXO E. CATÁLOGO CRISTALAN 881

### CRISTALÁN 881

#### GENERALIDADES

El CRISTALÁN 881 es un gel coat ortoftálico de color negro.

#### CARACTERÍSTICAS

El CRISTALÁN 881 presenta buena reactividad y por ello se pueden usar en aplicaciones donde se recomiendan las resinas poliéster ortoftálicas.

El CRISTALÁN 881 está desarrollado para aplicaciones a pistola, dando buen cubrimiento sin presentar chorreo en superficies inclinadas o verticales, debido a su tixotropía controlada. Al curar forma una película uniforme y libre de aire a la cual adhiere fácilmente la resina de laminación.

#### 1. Formulación

Para curado en frío se recomienda la siguiente fórmula general:

<b>Materiales</b>	<b>Partes por peso</b>
CRISTALÁN 881	100
MEK peróxido (9% ox. activo)	1.8 a 2.5

Observar que el CRISTALÁN 881 sólo requiere la adición del catalizador (MEK peróxido) para iniciar el curado, ya que viene preacelerado.

#### 2. Curado

La temperatura ambiente y la cantidad de catalizador controlan el tiempo de gel del gel coat.

El curado nunca se debe realizar a temperaturas inferiores a 15°C porque no se alcanzan las óptimas propiedades de la película.

#### 3. Pigmentación

Aunque el CRISTALÁN 881 viene en color negro, pueden considerarse pedidos especiales no pigmentados, los cuales pueden pigmentarse agregando hasta 10% de nuestras pastas pigmento CRISTACOLOR.

Si se desea emplear rellenos, deben tenerse cuidado en que no afecten el curado del gel coat.

Las pastas pigmento CRISTACOLOR han sido seleccionadas para dar la mejor combinación de resistencia al ambiente y a la luz, y para no inferir con el curado de la resina como ocurre con algunos pigmentos.

#### 4. Técnica general de aplicación

El CRISTALÁN 881 está formulado para aplicación por pistola.

Para moldes normales, el espesor recomendado es de 0.4 a 0.5 mm (0.015 a 0.020 pulgadas). Como una guía, 500 a 600 g/m<sup>2</sup> de gel coat darán este espesor si se aplican uniformemente.

#### CAMPOS DE APLICACIÓN

EL CRISTALÁN 881 está recomendado para aplicaciones que no son sometidos a exigencias de resistencia química.

El CRISTALÁN 881 es apto para muebles, materas, pintura exterior de tanques, señalización, laminados planos, pintura inferior de botes, moldes, etc.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

La información detallada para el manejo de este material en la respectiva Hoja de Seguridad de Materiales.

El CRISTALÁN 881 está clasificado como "líquido inflamable" según norma Icontec 1.692 (división 3.3), pues tiene un punto de inflamación de 31°C (crisol cerrado) y por tanto debe mantenerse alejado de llamas abiertas.

Se recomienda almacenarlo bajo techo y a temperaturas inferiores a 20°C para obtener la máxima estabilidad.

Se suministra en tambores de lámina de 60 y 230 kilos.

El **CRISTALÁN 881** tiene un tiempo de vida equivalente a seis meses desde el momento de su fabricación.

#### ASISTENCIA TÉCNICA

La parte primordial de cada producto de **andercol s.a.** es el soporte técnico que garantizamos a nuestro cliente.

Cada despacho de nuestros productos está respaldado por un laboratorio de servicio técnico con personal altamente calificado, el cual, con un conocimiento completo de los procesos, trabaja con una gran variedad de equipos de laboratorio y planta piloto para proveer los datos necesarios y obtener así el mejor comportamiento de nuestros productos. Este laboratorio además de servir de soporte a las aplicaciones existentes está encargado de desarrollar nuevos usos para los productos fabricados por **andercol s.a.** El usuario de nuestros productos será siempre el beneficiario de esta constante búsqueda de mejores métodos y tecnologías.

Medellín, 19 de marzo de 2002

## ANEXO F. CATÁLOGO VITROMAT



### Refuerzo de Fibra de Vidrio para Soporte de Gel Coat y Usos Generales

#### Descripción

Vitromat es un fieltro de hilos cortados, distribuidos multidireccionalmente en un solo plano. Disponible en pesos estándar de 225, 260, 300, 450, 600 y 900 g/m<sup>2</sup>. Fabricado con un Vidrio Tipo E y cumple con la norma ASTM D578-99 inciso 4.2.2.

#### Aplicaciones

Vitromat está diseñado para usarse en sistemas de resinas poliéster y viniléster, es ideal para aplicaciones de moldeo abierto, como soporte de *Gel Coat* y como refuerzo para laminados estándar.

#### Características

- Multicompatible
- Rápida impregnación
- Bajo nivel de fotografiado
- Uniformidad de espesor
- Alta resistencia a la tensión
- Alta densidad en rollos
- Bajo nivel de fibra suelta

#### Beneficios

##### Versatilidad de uso

- Compatible con sistemas de resina poliéster, epóxica y viniléster.
- Reducción de tiempo muerto al evitar los cambios de sistemas
- Reducción de inventarios, ya que sólo se requiere almacenar un producto.
- Minimiza el riesgo de errores por mezclar productos.

##### Excelente impregnación

- Mayor productividad en la fabricación de partes.
- Menor consumo de resina al evitar sobre esparcido entre capas y pérdida de resina entre laminados.
- Saturación total en un tiempo mínimo.

##### Mejor apariencia

- Atractivos acabados superficiales por bajo fotografiado.

#### Alto desempeño en la fabricación de laminados

- Laminación consistente y uniforme.
- Excelente conformabilidad.
- Facilidad de manejo en el desarrollo y corte.
- Limpieza durante la fabricación por bajo desprendimiento de fibras.

#### Mejor aprovechamiento de transporte y almacenaje

- Mayor densidad de rollos, reduce costos de transporte y almacenaje.

Datos del Producto

Producto	Vitromat	
Densidad g/m <sup>2</sup> (oz/ft <sup>2</sup> )	Alto del rollo cm (in)	Peso aprox. del rollo kg (lb)
225 (0.75)	91.4 (36)	29 (64)
	95 (37)	30 (66)
	127 (50)	40 (88)
260 (0.86)	129.5 (51)	78 (172)
	200.6 (79)	121 (267)
300 (1.00)	91.4 (36)	29 (64)
	95 (37)	30 (66)
	127 (50)	40 (88)
450 (1.50)	95 (37)	30 (66)
	127 (50)	40 (88)
	132 (52)	42 (92)
600 (2.00)	95 (37)	30 (66)
	132 (52)	42 (92)
	152 (60)	48 (106)

# Vitromat

Tipo de Empaque	Rollo con Centro de Cartón Envuelto con Stretch Wrap y Bolsa de Polietileno		
	Diámetro alto	Diámetro alto	Diámetro alto
Dimensiones del rollo cm	28 X 91.4	28 X 127	28 X 132
in	(11.3 X 36)	(11.3 X 50)	(11.3 X 52)
Peso aprox. del rollo kg	29	40	42
(lb)	(64)	(88)	(92)
Piezas por tarima	16	16	16
Dimensiones de la tarima cm	Largo/ ancho/ alto 114 X 114 X 105	Largo/ ancho/ alto 114 X 114 X 140	Largo/ ancho/ alto 114 X 114 X 145
(in)	(45 X 45 X 41)	(45 X 45 X 55)	(45 X 45 X 57)
Peso aprox. de la tarima kg	480	640	650
(lb)	(1080)	(1411)	(1433)

## Recomendaciones de Manejo y Almacenaje

### Manejo

- Evite el abuso mecánico en el almacenamiento y transporte.
- Conserve los rollos con sus envolturas y etiquetas en buen estado.

### Almacenaje

- Almacene en lugares protegidos de la intemperie.
- Estibe máximo una tarima.
- Deje visible la etiqueta de identificación.
- Mantenga los rollos siempre sobre la tarima.

## Precauciones de Seguridad

La fibra de vidrio puede causar irritación temporal en la piel, para evitarlo, después de manejarla lávese perfectamente con agua y jabón. Use siempre ropa de manga larga, guantes y anteojos protectores para los ojos. Lave por separado la ropa de trabajo para evitar que la fibra de vidrio que se desprenda se impregne en otras prendas. Siempre que se maneja o aplica el material se suspenden en el aire partículas, utilice una mascarilla especial desechable para prevenir que éstas causen irritación en la nariz y garganta.

## Asistencia Técnica

Nuestro departamento técnico y nuestra red de distribuidores en toda la República le proporcionarán sin costo alguno la información y asesoría que requiera.



## Vitro Fibras, S.A.

Ventas Nacionales (55) 5089 6707, 09 y 17  
 Ventas Internacionales (52 55) 5089 6636, 37 y 38  
 Fax (52 55) 5089 6705 y 15  
 Lada sin costo 01 800 654 74 63  
 E-mail: vfisa@vitro.com

Av. Acueducto 459 Col. Zacatenco 07360 México, D.F.

[www.vitrofibras.com](http://www.vitrofibras.com)

[www.vitro.com](http://www.vitro.com)

## ANEXO G. ESFUERZOS EN LAS ZONAS PRINCIPALES

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
ESPALDAR.	M = 10740 Kg.- mm. V = 34.5 Kg.	$\sigma = 15.63 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 1.1173 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 6063 T-6 Diámetro = 1 pulg. $\sigma_N = 17 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$
SOPORTE DEL CABECERO.	M = 2205 Kg. - mm. V = 9Kg.	$\sigma = 19.1 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 0.8120 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 6063 T-6 Diámetro = 1 pulg. $\sigma_N = 21 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$
TORNILLO DE SUJECION.	V = 85.03 Kg.	$\tau_N = 6 \text{ Kg /mm}^2$	Diámetro = 4.6534 mm.= 3/16 de pulg. Cualquier aleación.
CABECERO	M = 495 Kg. - mm. V = 4.5 Kg.	$\sigma = 1.7056 \text{ Kg./mm}^2$ $\tau = 0.2586 \text{ Kg./mm}^2$	Aleación 1100 Diámetro = 3/4 de pulg. $\sigma_N = 2.1 \text{ Kg /mm}^2$ .
RECLINADO DEL ESPALDAR	T = 10740 Kg. - mm V = 34.5 Kg.		

ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
ASIENTO	M = 4467.375 Kg.- mm. V = 42.57 Kg.	$\sigma_N = 7.8153 \text{ Kg /mm}^2$ $\tau_N = 1.7017 \text{ Kg / mm}^2$	Tubo de D = 1 pulg. e = 1.32 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg / mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg / mm}^2$ .
BARRA DE APOYO No.1.	M = 897.6 Kg. - mm. V = 29.92 Kg.	R = 4.3215 mm. $\sigma_N = 14.16 \text{ Kg/mm}^2$ R = 1.2940 mm. $\tau_N = 7.58 \text{ Kg/mm}^2$	D = 9 mm. Aleación 6063 T-6 $\sigma_N = 17 \text{ Kg. /mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg. /mm}^2$ .
BARRA DE APOYO No. 2.	M = 1478.4 Kg - mm V = 73.92 Kg.	$\sigma_N = 9.16 \text{ Kg /mm}^2$ . R = 5.9011 mm. $\tau_N = 5 \text{ Kg /mm}^2$ . R = 2.5048 mm.	D = 1/2 " = 12.7mm. Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .

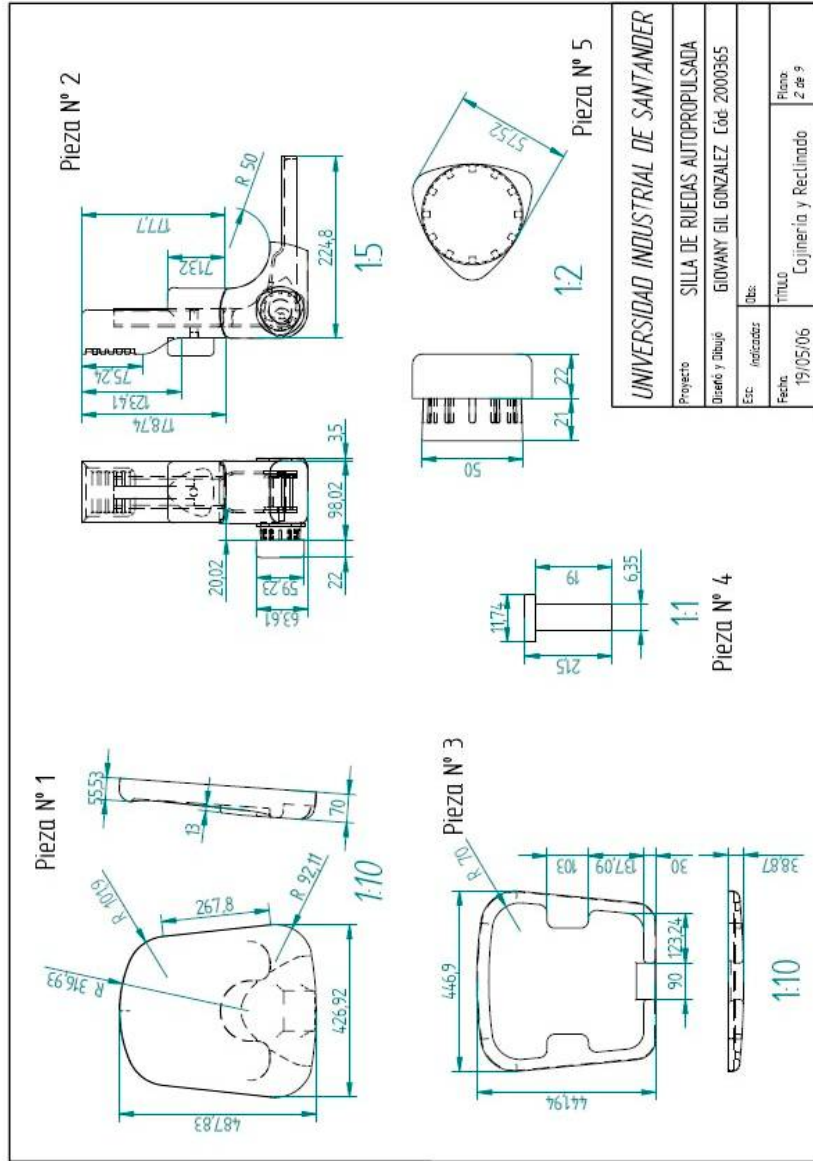
ELEMENTO	CARGAS	ESFUERZOS	MATERIAL SELECCIONADO
APOYABRAZOS	M = 2586.6 Kg – mm V = 25.16 Kg.	R = 9.525 mm. $\sigma_N = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 1.4459 \text{ Kg/mm}^2$	D = $\frac{3}{4}$ " e = 1.24 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .
TUBO VERTICAL.	V = 37.5 Kg. M = 2586.6 Kg – mm	R = 9.525 mm. $\sigma_{N1} = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{N2} = 0.5404 \text{ Kg/mm}^2$	D = $\frac{3}{4}$ " e = 1.24 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ .
UNION DEL APOYABRAZOS Y EL SOPORTE	V = 37.5 Kg. M = 2586.6 Kg – mm	R = 9.525 mm. $\sigma_{N1} = 8.9129 \text{ Kg/mm}^2$ $\sigma_{N2} = 0.5404 \text{ Kg/mm}^2$	D = $\frac{7}{8}$ " e = 1.57 mm Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ .
PIN DE SUJECION	V = 37.5 Kg.	$\tau_N = 6 \text{ Kg/mm}^2$	D = 3.1 mm cualquier aleación.
TUBO HORIZONTAL DE LA UNION	V = 107.1214 Kg M = 4499.09 Kg-mm	R = 12.7 mm. $\sigma_N = 7.8708 \text{ Kg/mm}^2$ $\tau_N = 4.2823 \text{ Kg/mm}^2$	D = 1" e = 1.32, 1.47 y 1.65 mm. Aleación 6063 T-5 $\sigma_N = 11 \text{ Kg/mm}^2$ . $\tau_N = 9.1 \text{ Kg/mm}^2$ .

*Basados en una geometría típica de silla de ruedas autopulsada<sup>16</sup>*

---

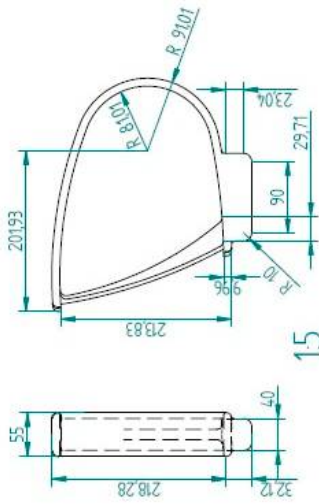
<sup>16</sup> Ref. Rivera y Diaz

## **ANEXO H. PLANOS TÉCNICOS**

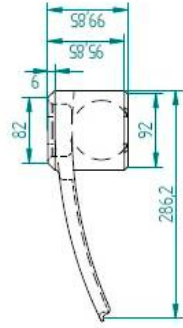


<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
Proyecto	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA
Diseño y dibujo	GIOVANY GIL GONZALEZ Cod: 2000365
Esc. Indicadas	Dbs:
Fecha:	19/05/06
Título:	Cojinería y Reclinado
Folio:	2 de 9

Pieza N° 6

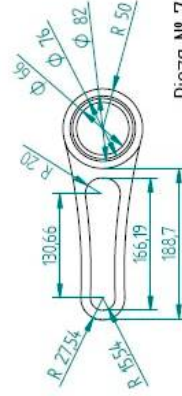


1:5

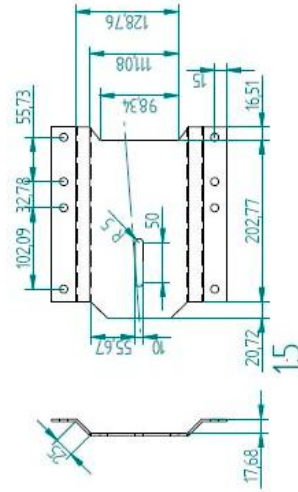


Pieza N° 7

1:5

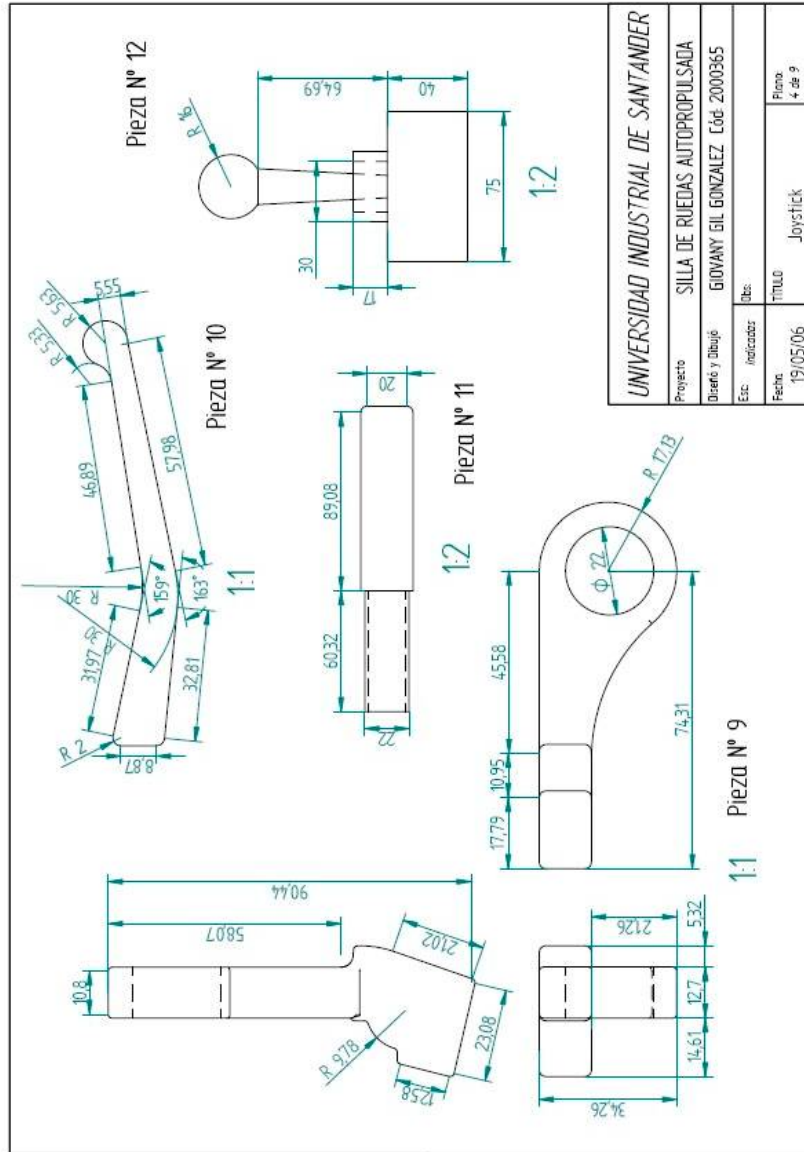


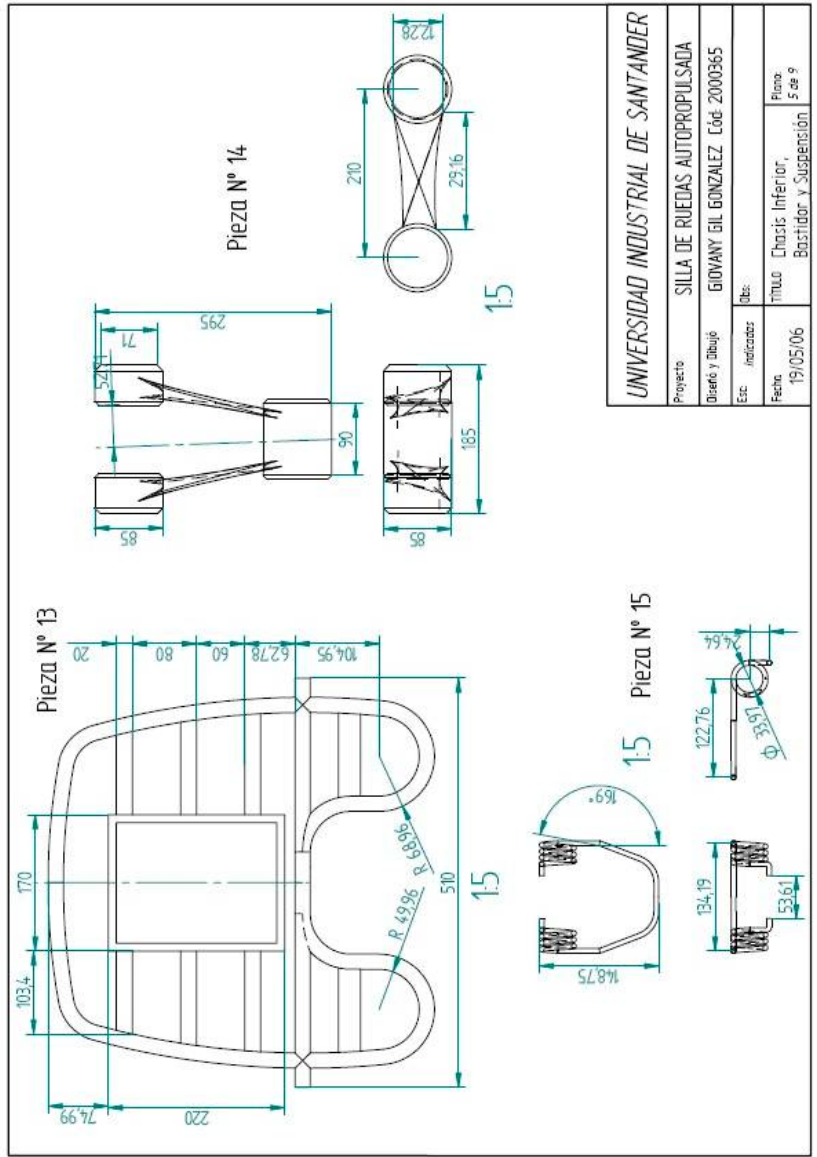
Pieza N° 8



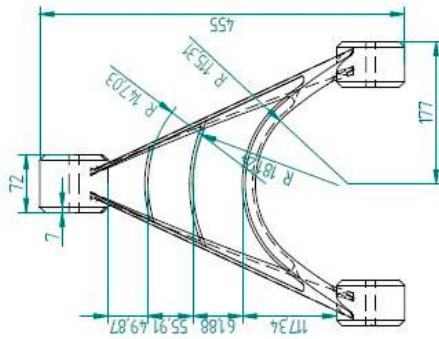
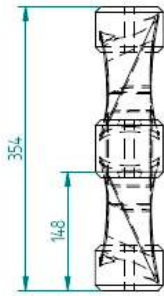
1:5

<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
Proyecto:	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA
Diseño y dibujo:	GIOVANY GIL GONZALEZ Cód: 2000365
Esc.:	Indicadas
Fecha:	19/05/06
Título:	Anclaje y Accesorios
Folio:	3 de 9





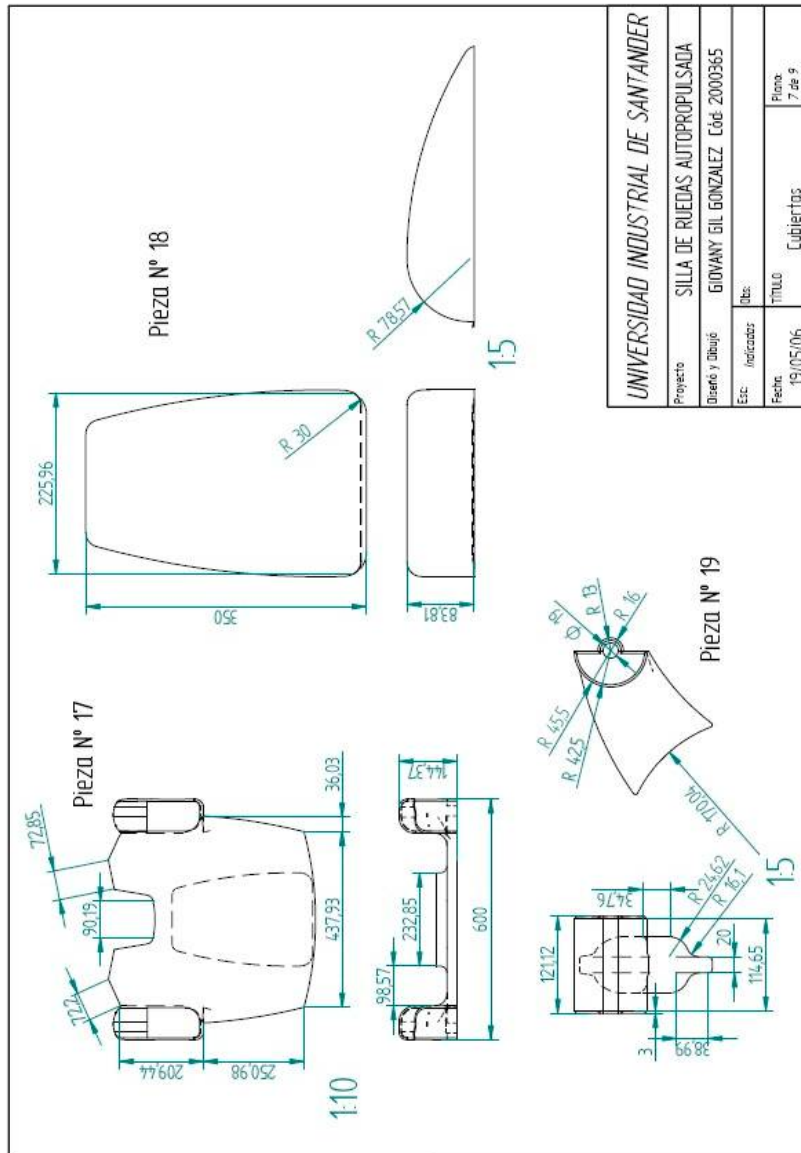
<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
Proyecto	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA
Diseño y Dibujo	GIOVANY GIL GONZALEZ Cód: 2000365
Esc. Indicadas	Obs:
Fecha	Título Chasis Inferior, Bastidor y Suspensión
19/05/06	Página 5 de 9

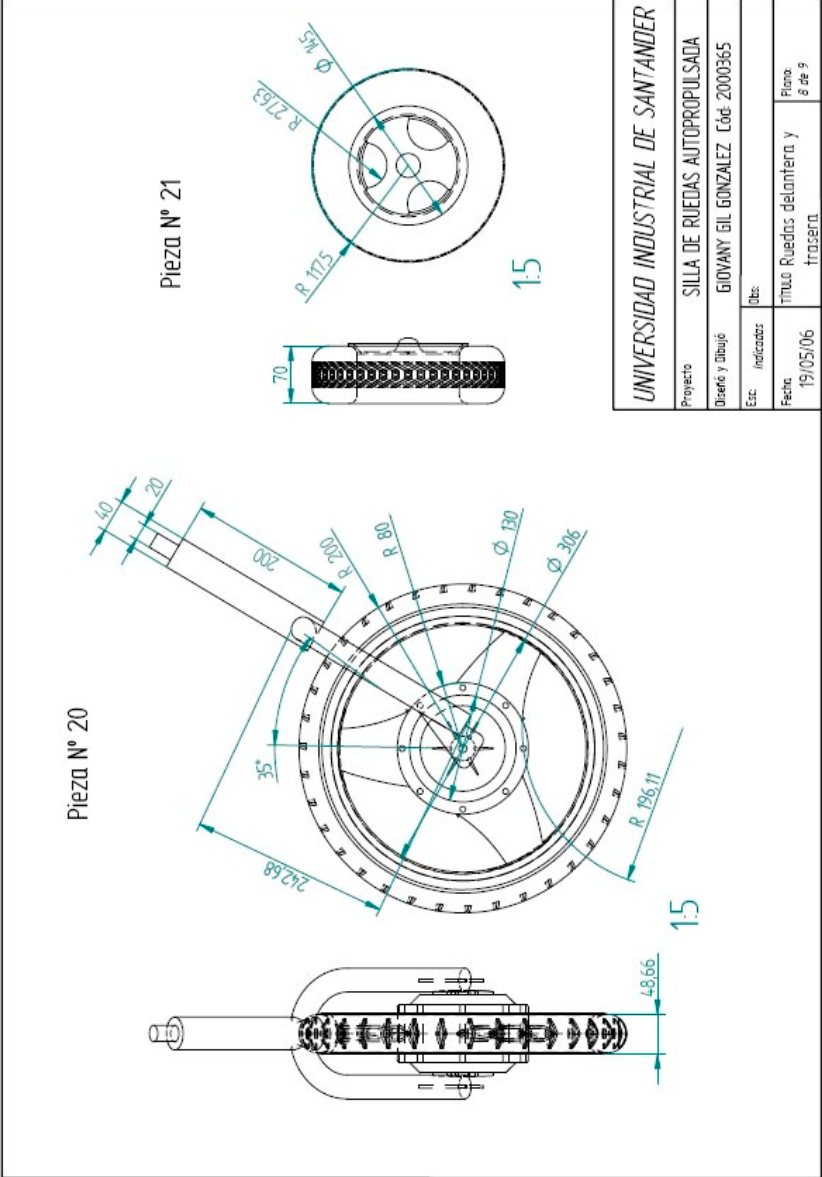


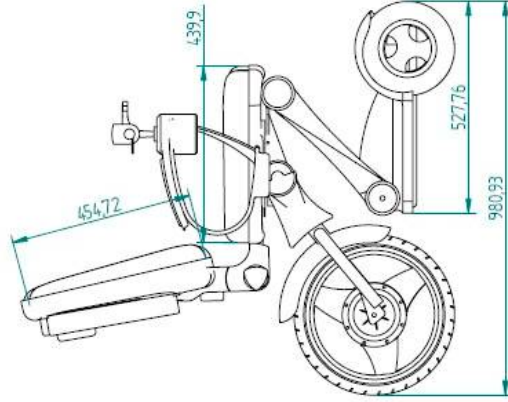
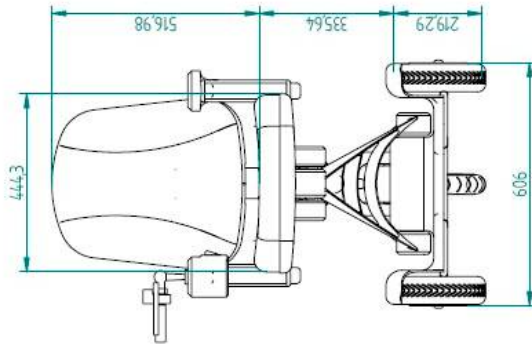
15

Pieza N° 16

<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>			
Proyecto	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA		
Diseño y Dibujo	GIOVANY GIL GONZALEZ Cód. 2000365		
Escala	1:5	Dibujo	
Fecha	19/05/06	TÍTULO	Chasis Elevado
		Página	6 de 9







1:10

<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
Proyecto	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA
Diseño y dibujo	GIOVANY GIL GONZALEZ Cód: 2000365
Etc:	indicado
Fecha:	19/05/06
TITULO Dimensiones Generales	
Plano 8 de 9	

Nº	Nombre	Material	Cantidad
1	Carcaza Espaldar	PRFV	1
2	Reclinado	Aluminio	1
3	Carcaza Asiento	PRFV	1
4	Pasador Reposabrazos	Acero 1045	2
5	Perilla	PRFV	3
6	Reposabrazos	PRFV	2
7	Accesorios Reposabrazos	PRFV	2
8	Chapa inferior asiento	PRFV	1
9	Acelerador	PRFV	1
10	Freno	Aluminio	1
11	Dirección	Aluminio	1
12	Joystick	Baquelita	1
13	Chasis Metálico	Acero 1045	1
14	Bastidor Asiento	PRFV	1
15	Resorte Suspensión	Acero 1070	2
16	Chasis Elevado	PRFV	1
17	Cubierta Reposapiés	PRFV	1
18	Tapa Batería	PRFV	1
19	Cubierta Tenedor	PRFV	1
20	Llanta Trasera	Caucho Vulcanizado	1
21	Llanta Delantera	Caucho Vulcanizado	2

<b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>	
Proyecto	SILLA DE RUEDAS AUTOPROPULSADA
Diseño y Dibujo	GIOVANY GIL GONZALEZ Cód: 2000365
Esc:	Obs:
Fecha:	TÍTULO
19/05/06	Lista de Piezas
	Plano: 1 de 9